COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JANVIER 1901,

PRÉSIDENCE DE M. FOUQUÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Production de l'hydrogène dans les roches ignées. — Action de la vapeur d'eau sur les sels ferreux.* Note de M. Armand Gautier.

« Dans un précédent Mémoire ([1]) j'ai montré que les roches ignées dégagent, lorsqu'on les porte au rouge, un volume très notable de gaz qui n'y préexistent pas, au moins pour leur majeure partie. Je m'occuperai surtout, dans la présente Note, du mécanisme qui donne naissance au plus important d'entre eux, l'hydrogène.

([1]) *Comptes rendus,* t. CXXXII, p. 58 et 64.

» J'ai trouvé par volume de roches :

	Hydrogène dégagé.
Granit, moyenne	6,7 volumes [1]
Porphyre bleu (de l'Esterel)	2,4 »
Ophite (de Villefranque)	4,6 »
Lherzolite	1,2 »

» Cet hydrogène étant toujours accompagné d'un peu d'ammoniaque, et la poudre de ces roches cédant, même à froid, à l'eau acidulée, une petite quantité de sels ferreux, j'ai pensé d'abord qu'une grande partie de cet hydrogène était due à la décomposition par l'eau au rouge de faibles quantités d'azotures et peut-être d'hydrures de fer préexistants. J'ai trouvé, en effet, dans quelques-unes de ces roches, de petites proportions d'azotures et d'hydrures ferreux, et j'y reviendrai; mais leur proportion ne suffit pas à expliquer la grande quantité d'hydrogène qui se dégage au rouge, et je me suis assuré qu'après avoir été traitées à l'électro-aimant les poudres de granit, d'ophite, etc., dégagent encore de l'hydrogène, quoiqu'en quantité moindre.

» L'hydrogène se forme dans ces roches seulement à chaud; il n'y préexiste pas et le mécanisme principal qui lui donne naissance, quand on les porte au rouge, est très simple.

» Lorsqu'on chauffe vers 750° à 800° dans un courant de vapeur d'eau un sel ferreux (chlorure, sulfure, carbonate, silicate, etc.) dont le radical négatif est, à cette température, volatil ou incapable de céder son oxygène, on obtient toujours un oxyde de fer, généralement de l'oxyde magnétique, en même temps qu'il se fait de l'hydrogène libre.

» Dans un tube de porcelaine contenant deux longues nacelles pleines de sulfure ferreux FeS bien exempt de fer métallique [2], j'ai fait passer au rouge un courant de vapeur d'eau surchauffée. Il sort du tube un mélange

---

(1) Je dois dire que mes résultats confirment, en général, ceux qu'avait observés A. Tilden (1897) et que je n'ai connus, au cours de ces recherches, que par l'extrait paru au *Bull. de la Soc. chim.*, 3e série, t. XX, p. 66, extrait sans aucun détail expérimental et très incorrect, attribuant à 100 volumes de roche ce que l'auteur rapporte à 1 volume seulement. Mais Tilden semble ne pas avoir distingué entre les gaz occlus et ceux qui se forment au rouge.

(2) 150gr de ce sulfure attaqués par l'acide chlorhydrique étendu ne donnèrent pas trace d'hydrogène libre.

d'hydrogène sulfuré et d'hydrogène, et celui-ci prédomine d'autant plus qu'on se rapproche du rouge vif et que la masse de sulfure est plus grande. Au rouge cerise j'ai trouvé, avec les nacelles, pour 100 volumes de gaz :

H^2S	22	32
H^2	76	65
Azote de l'air : le complément.		

» Si l'on remplit le tube de porcelaine d'une colonne de sulfure grossièrement pulvérisé et si la température est suffisante, l'hydrogène sulfuré produit se dissocie en cédant son soufre au reste du sulfure non encore attaqué et de l'hydrogène presque pur se dégage. Voici, dans ce cas, l'une de mes analyses rapportée à 100 volumes de gaz :

H^2S	1,06
H^2	98,94
CO^2	Trace

» Le produit obtenu dans le premier cas est de l'oxyde ferrosoferrique Fe^3O^4, oxyde noir, très attirable à l'aimant, mélangé peut-être, là où l'oxygène extérieur a pu pénétrer, d'un peu d'oxyde ferrique Fe^2O^3. La réaction est la suivante :

$$3FeS + 4H^2O = Fe^3O^4 + 3H^2S + H^2.$$

» On remarquera que la réaction est en partie réversible; mais dans notre cas, la vapeur d'eau se renouvelant sans cesse, la totalité du sulfure avait disparu.

» Si l'on chauffe de la sidérose (ou carbonate ferreux naturel) à peine rouge naissant dans un courant de vapeur d'eau, il se dégage de l'hydrogène, mêlé dans ce cas d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, et il se fait encore de l'oxyde de fer magnétique Fe^3O^4. J'ai obtenu, au rouge sombre, les gaz suivants :

	Début de la décomposition.	Pleine réaction au rouge.	Fin de la réaction.
CO^2	48,7	4,4	6,5 (CO² et H²S)
H^2S	0,0	1,6	
CO	36,4	0,3	0,0
CH^4	0,0	0,0	0,0
H	6,9	67,1	38,8
Az	7,8	26,6	55,3
	99,8	100,0	100,6

» Ainsi de l'hydrogène se dégage abondamment lorsque la vapeur d'eau agit au rouge sur le carbonate ferreux naturel qui, suivant les conditions de température et la masse de vapeur réagissant, se transforme en un mélange variable d'oxyde ferrosoferrique et d'oxyde ferrique. Cette décomposition est, dès le début, accompagnée d'oxyde de carbone provenant de la réduction de CO^2 du minerai par le protoxyde FeO qui tend à se produire, mais qui passe aussitôt à l'état ferrosoferrique ([1]). Ici, avec la sidérose que nous avons employée, nous voyons apparaître, en même temps, une dose très notable d'azote ou d'un gaz analogue. Il est dû à la décomposition d'un azoture contenu comme impureté dans cette roche dont j'ai pu l'extraire en partie. Quant à l'hydrogène sulfuré, il provient des cristaux de pyrite qu'on y trouve aussi en faible proportion.

» Si l'on chauffe au rouge dans un courant de vapeur d'eau les poudres de silicates ferreux ou ferrosoferriques naturels, tels que les péridots et pyroxènes riches en oxydes de fer (hypersthène, hyalosidérite, olivine, diallage, etc.), ou les silicates de fer artificiels que j'ai obtenus en chauffant à haute température la sidérose avec la silice, on recueille également des gaz où domine l'hydrogène. Avec les silicates de fer artificiellement préparés, j'ai recueilli ainsi des gaz contenant jusqu'à 65 pour 100 d'hydrogène. Il semble se produire encore dans ce cas un silicate de plus en plus riche en oxygène et peut-être un peu de silice libre.

» Ces expériences démontrent donc que, lorsqu'on chauffe des roches ignées, telles que les granits, porphyres, ophites, etc., contenant, ainsi que je m'en suis assuré, jusqu'à 18 pour 1000 d'eau de constitution qui ne peut s'échapper avant le rouge, la vapeur d'eau fournie à cette température réagit sur les sels ferreux, et particulièrement sur les silicates de ces roches, et donne naissance à de l'hydrogène libre. C'est ainsi que les micas et la hornblende des granits, le pyroxène et la biotite du porphyre que j'ai traité, l'augite de l'ophite, l'enstatite et le pyroxène de la lherzolite, etc., s'oxydent en donnant des silicates ferrosoferriques et, quand l'acide carbonique simultanément formé intervient sous très forte pression, de la silice libre et de l'oxyde de fer magnétique que l'on trouve souvent dans ces roches, ce dernier provenant surtout de la décomposition par l'eau, au rouge, du sulfure de fer primitif. Mais dans les profondeurs des couches

---

([1]) M. Moissan avait déjà vu que le carbonate ferreux chauffé au rouge dans un courant de CO^2 donne CO et Fe^3O^4 (*Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 600).

terrestres, sous des pressions où la vapeur d'eau ne peut s'échapper, l'hydrogène ainsi produit grâce à l'oxydation des silicates ferreux augmentant sans cesse, la réaction inverse consistant dans la réduction des sels ferriques qui se forment, tend à son tour à se produire. Entre l'hydrogène formé sur place ou venu des profondeurs, la vapeur d'eau, les silicates oxydés ou oxydables, et variant suivant les températures, il se fait des échanges incessants; il s'établit ainsi des équilibres mobiles d'où résultent les silicates ferreux et ferriques, mélangés en proportions variables, mais où les premiers prédominent généralement. Ce sont ces silicates mixtes que nous trouvons le plus souvent dans les micas, pyroxènes, diallage, hornblende, augite, etc., entrant dans la constitution de ces roches.

» Cet échange continu de gaz, en particulier d'oxygène, d'hydrogène et de vapeur d'eau, dès que sur tel ou tel point se modifient les conditions de cet équilibre, soit par issue des gaz réducteurs ou de la vapeur d'eau, soit en raison des variations de température, cet échange se produit partout où la chaleur est ou redevient suffisante et où l'eau peut intervenir.

» En voici la démonstration expérimentale : 150^{gr} d'ophite de Villefranque réduite en poudre et ne donnant plus de vapeur d'eau à 250°, furent portés dans le vide au rouge. On obtint, outre un nouveau dégagement de 2^{gr},25 d'eau de constitution, 371^{cc} de gaz, dont 202^{cc} d'hydrogène et 122^{cc} d'acide carbonique. Après deux heures de complet épuisement au rouge à la trompe à mercure, la matière ne cédait plus que de loin en loin quelques bulles de gaz riche en acide carbonique. On laissa refroidir dans le vide et l'on introduisit cette poudre ainsi épuisée dans un tube de porcelaine où l'on fit passer au rouge un courant de vapeur d'eau surchauffée, entraînée par un peu d'acide carbonique. Sous cette influence, les silicates ferreux restés dans la roche s'oxydèrent de nouveau, et de ces 150^{gr} d'ophite *préalablement épuisée au rouge et dans le vide,* il sortit, à la pression ordinaire de l'atmosphère, 70 centimètres cubes nouveaux d'un gaz brûlant avec flamme et ayant la composition suivante (après enlèvement de CO^2 par les alcalis) :

CO	3,32
CH^4	6,08
H	36,20
Azote (avec environ 10 pour 100 d'air resté dans la poudre ou l'appareil)	54,20
	99,80

» On voit une fois encore ici, que les gaz ainsi obtenus ne préexistent

pas dans ces roches. Leur production s'arrête dès qu'on a enlevé la totalité de leur eau de constitution; elle reprend dès qu'une nouvelle quantité de vapeur d'eau introduite peut réagir sur les sels ferreux grâce au mécanisme que nous avons démontré plus haut. On voit aussi que ces réactions sont limitées par l'hydrogène produit si ce gaz reste présent; que s'il s'échappe, au contraire, une nouvelle proportion s'en forme lorsque la vapeur d'eau intervient encore.

» Mais ce n'est pas seulement de l'hydrogène qui se dégage ainsi des roches ignées portées au rouge : on a dit qu'il se fait en même temps de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, un peu de méthane, de l'azote mêlé d'argon, des traces d'hydrocarbures aromatiques, d'acide sulfocyanhydrique, un peu d'ammoniaque, etc.

» L'acide carbonique est en partie dû à la dissociation des carbonates que l'on rencontre dans les roches ignées, comme en témoigne l'action des acides sur ces roches en poudre. 100^{gr} de granit de Vire traités par l'acide phosphorique étendu m'ont donné 27 et 24 cent. cubes d'acide carbonique qui, calculé en carbonate de chaux, répondent à $1^{gr},24$ de calcaire par kilogramme. Mais ce granit contient aussi du carbonate ferreux; car, si l'on épuise au préalable la poudre par l'électro-aimant, l'acide carbonique obtenu diminue de près de moitié.

» L'oxyde de carbone qui se forme aussi au rouge s'explique aisément par l'action des sels ferreux, et particulièrement du silicate, sur l'acide carbonique que ces sels réduisent comme je l'ai montré plus haut.

» Quant à l'hydrogène sulfuré, au méthane, aux traces d'hydrocarbures aromatiques, à l'azote, à l'ammoniaque, aux sulfocyanures, etc., que l'on rencontre aussi, quoiqu'en moindre proportion, dans les gaz issus de roches ignées, ils ont une origine qui mérite quelques éclaircissements. Leur formation se rattache à l'existence, dans ces roches, de produits accessoires intéressants qui feront l'objet d'une prochaine Communication. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La dépense énergétique qu'entraînent respectivement le travail moteur et le travail résistant de l'homme qui s'élève ou descend sur la roue de Hirn. Évaluation d'après l'oxygène absorbé dans les échanges respiratoires*, par M. A. **Chauveau**.

« Outre la comparaison indiquée par le titre de la présente Note, on y vise celle des variations de la dépense, corrélatives aux variations du travail,

suivant que celles-ci dépendent de modifications apportées à la *valeur de la charge déplacée* ou à la *vitesse de son déplacement*.

» Les expériences ont été faites [1] à l'air libre sur un homme du poids de 50^{kg}, dont on recueillait l'air expiré dans le gazomètre spécial destiné à cet usage au laboratoire. Aux deux narines du sujet était adapté l'appareil respirateur à soupapes, relié par un tube de caoutchouc au gazomètre. Le système laissait au sujet la liberté complète de tous ses mouvements.

» Le travail ne durait que huit à dix minutes et la cueillette de l'air commençait toujours au même moment, trois ou quatre minutes après le début du travail, quand la ventilation pulmonaire était à peu près entrée dans sa période d'état.

» Du reste, sans qu'il soit besoin de s'expliquer plus longuement sur ce point, les conditions expérimentales ont été, d'une manière générale, tout à fait identiques dans tous les cas : même état d'abstinence du sujet, même repos entre les expériences, symétrie parfaite des mouvements qui opéraient la montée et la descente, etc. Le fonctionnement de la machine qui mettait la roue en mouvement était scrupuleusement surveillé. On a pu ainsi déterminer avec la plus grande exactitude la longueur des chemins parcourus et la faire rigoureusement égale pendant les deux sortes de travaux positif et négatif. Quant à la valeur de la charge en mouvement, on la modifiait à l'aide de poids déposés dans une hotte fixée aux épaules et à la ceinture du sujet.

» Le Tableau suivant permet de se rendre compte des détails essentiels de la technique des expériences, des résultats qu'elles ont donnés et des conclusions qu'elles comportent.

1re Série. — *Variations de la valeur du travail mécanique par variations du* poids de la charge déplacée, *c'est-à-dire le poids du sujet. Même chemin parcouru par la charge dans le même temps.*

	A. Travail mécanique.			B. Dépense énergétique.			C. Rapports de la dépense et du travail mécanique.	
	I. Chemin parcouru par la charge en une heure.	II. Valeur de la charge déplacée.	III (I×II). Valeur du travail mécanique accompli en une heure.	IV. Consommation horaire de O^2.	V. Dépense horaire en calories [1].	VI. Dépense horaire en kilogrammètres.	VII $\left(\frac{VI}{III}\right)$. Énergie dépensée par kilogrammètre de travail mécanique effectué.	VIII $\left(\frac{III}{VI}\right)$. Rendement mécanique de la dépense.
	m	kg	kgm	lit	Cal	kgm	kgm	
Travail moteur (montée). *a.*	431	50	21 552	53,70	247	104 975	4,871	0,205
b.	431	60	25 862	63,55	292	124 100	4,798	0,208
c.	431	70	30 173	82,65	380	161 500	5,352	0,187
Travail résistant (descente). *a.*	431	50	21 552	21,85	128	54 447	2,526	0,396
b.	431	60	25 862	31,30	144	61 192	2,366	0,422
c.	431	70	30 173	44,50	203	86 216	2,857	0,352

(1) Eu égard aux conditions diététiques du sujet et en raison de la reconstitution incessante du glycogène musculaire, pendant la contraction, par oxydation des réserves adipeuses, l'évaluation énergétique de la dépense est faite d'après le nombre de calories (4,6) produites par 1^{lit} de O^2 engagé dans la combustion de la graisse.

(1) Avec la collaboration de M. J. Tissot.

2e Série. — *Variations de la valeur du travail mécanique par variations de la* longueur du chemin parcouru *dans le même temps par la même charge.*

	A. Travail mécanique.			B. Dépense énergétique.			C. Rapports de la dépense et du travail mécanique.	
	I. Chemin parcouru par la charge en une heure.	II. Valeur de la charge déplacée.	III (I×II). Valeur du travail mécanique accompli en une heure.	IV. Consommation horaire de O².	V. Dépense horaire en calories.	VI. Dépense horaire en kilogrammètres.	VII $\left(\frac{VI}{III}\right)$. Énergie dépensée par kilogrammètre de travail mécanique effectué.	VIII $\left(\frac{III}{VI}\right)$. Rendement mécanique de la dépense.
	m	kg	kgm	lit	Cal	kgm	kgm	
Travail moteur (montée). *a.*	302	50	15087	44,90	206,5	86071	5,705	0,175
b.	431	50	21552	53,40	245	104292	4,841	0,206
c.	554	50	27720	60,30	277	118691	4,245	0,235
Travail résistant (descente). *a.*	302	50	15087	25,40	117	49557	3,284	0,304
b.	431	50	21552	28,55	131,5	55815	2,590	0,385
c.	554	50	27720	31,20	143,5	60996	2,200	0,454

3e Série. — *Variations de la valeur du travail mécanique par variations* de la longueur du chemin parcouru *dans le même temps par la même charge* (*Travail négatif seul*).

	A. Travail mécanique.			B. Dépense énergétique.			C. Rapports de la dépense et du travail mécanique.	
	I. Chemin parcouru par la charge en une heure.	II. Valeur de la charge déplacée.	III (I×II). Valeur du travail mécanique accompli en une heure.	IV. Consommation horaire de O².	V. Dépense horaire en calories.	VI. Dépense horaire en kilogrammètres.	VII $\left(\frac{VI}{III}\right)$. Énergie dépensée par kilogrammètre de travail mécanique effectué.	VIII $\left(\frac{III}{VI}\right)$. Rendement mécanique de la dépense.
	m	kg	kgm	lit	Cal	kgm	kgm	
N° 1. *a.*	310	50	15516	23,60	108,6	46138	2,973	0,336
b.	427	50	21336	25,35	116,6	49559	2,322	0,430
c.	548	50	27405	27,50	126,5	53762	1,962	0,509
N° 2. *a.*	306	50	15303	26,70	122,8	52198	3,411	0,293
b.	401	50	20043	28,70	132	56108	2,799	0,357
c.	496	50	24786	31,30	144	61191	2,468	0,405

Les expériences n° 2 ont été faites le même jour et sur le même sujet que les expériences n° 1. Mais les conditions physiologiques du sujet (fatigue, heures de la journée) n'étaient pas les mêmes. D'où les différences entre les valeurs de la dépense.

» Il convient maintenant de résumer les divers enseignements contenus dans les Tableaux ci-devant.

» A. Rapports de l'énergie dépensée au travail extérieur produit. — Ces rapports sont exprimés, dans les deux dernières colonnes des Tableaux, avec une telle netteté qu'il serait inutile de s'y arrêter s'il n'y avait nécessité à faire ressortir les particularités des résultats propres à chacune des conditions qu'on a fait intervenir pour modifier la valeur du travail extérieur.

» 1° *Cas de la variation de la valeur du travail extérieur par variations de la valeur de la charge déplacée.* — Les faits constatés au cours des expériences consacrées à l'étude de ce cas sont résumés dans les propositions suivantes :

» *a.* Quand la valeur du travail mécanique varie, sa durée restant la même, par le fait d'une *variation de la valeur de la charge déplacée,* la dépense corrélative d'énergie varie dans le même sens que le travail et, selon toute apparence, proportionnellement à la valeur de ce travail.

» *b.* Cette proposition s'applique aussi bien au *travail résistant* qu'au *travail moteur.* Les chiffres des colonnes IV, V et VI, comparés à ceux de la colonne III, montrent, en effet, très bien, dans les deux cas, la progression à peu près parallèle de la dépense et du travail extérieur.

» *c.* Ce parallélisme implique que le rapport de la dépense au travail reste sensiblement le même avec toutes les valeurs de ce dernier. Et de fait, les chiffres des colonnes VII et VIII, consacrées à la notation de ce rapport, tendent vers l'égalité. A peine constate-t-on une légère infériorité du rendement mécanique de la dépense, avec la charge la plus forte, qui était de nature à engendrer la fatigue et à laquelle le sujet n'était pas habitué.

» *d.* La valeur absolue du rendement mécanique de la dépense atteint, en moyenne, 0,200 pour le travail moteur et 0,389 pour le travail résistant. La traduction de la dépense de O^2 en valeur kilogrammétrique montre, en effet (colonne VII), que le sujet d'expérience, avec son coefficient personnel et dans les conditions où il agissait, faisait, par kilogrammètre de travail extérieur effectué, une dépense énergétique de 5^{kgm} avec le travail moteur et de $2^{\text{kgm}},580$ seulement avec le travail résistant.

» *e.* Mais *cette inégalité de rendement de la dépense n'altère en rien la symétrie complète qui est l'apanage des caractères de la dépense énergétique dans les deux sortes de travaux.*

» 2° *Cas de la variation de la valeur du travail extérieur par variation de la longueur du chemin que la charge parcourt dans l'unité de temps.* — Les résultats des expériences faites avec introduction de cette condition diffèrent des précédents en plusieurs points importants :

» *a.* Quand la valeur du travail mécanique varie, sa durée restant la même, par le fait d'une *variation de la longueur du chemin que parcourt la charge*, la dépense varie *toujours* dans le même sens que le travail, mais *jamais* proportionnellement à sa valeur. La croissance de la dépense est constamment plus faible que celle du travail extérieur.

» *b*. Cette proposition s'applique aussi bien au *travail résistant* qu'au *travail moteur*, en raison de *la symétrie parfaite qui se manifeste également ici dans les caractères de la dépense des deux sortes de travaux*.

» *c*. Donc, dans les deux circonstances, la valeur du rapport de la dépense énergétique au travail mécanique accompli décroît à mesure que ce travail augmente. C'est indiqué de la manière la plus saisissante par les chiffres de la colonne VII. Ceux de la colonne VIII montrent tout aussi bien l'augmentation de rendement qui est la conséquence forcée de ce défaut de parallélisme entre l'accroissement du travail et celui de la dépense.

» *d*. D'une manière générale, il résulte des chiffres de ces deux colonnes que *le travail mécanique rapide, moteur ou résistant, s'accomplit plus économiquement que le travail mécanique lent*.

» B. Différence de dépense entre le travail moteur et le travail résistant. — Il est toujours dépensé plus d'énergie pour l'accomplissement du travail moteur que pour l'accomplissemenl du travail résistant correspondant; c'est pourquoi le rendement mécanique de l'énergie dépensée est toujours plus avantageux avec ce dernier travail qu'avec le premier. Mais ici encore la nature des conditions qui interviennent pour modifier la valeur du travail extérieur exerce sur les caractères différentiels de la dépense une influence qu'il importe de faire ressortir.

» *a*. *Avec les changements de charge* (première série), l'écart entre les deux dépenses représente, comme celui qui existe entre les valeurs des deux rendements mécaniques, une différence à peu près constante. Cette différence est, du reste, considérable. D'après les documents du Tableau, en effet, avec la vitesse adoptée pour les déplacements du sujet sur la roue, le travail moteur dépense *uniformément* presque le double de ce que dépense le travail résistant.

» *b*. *Avec les changements de longueur du chemin parcouru par la charge* (deuxième série), les caractères de l'écart entre les deux dépenses sont un peu plus complexes. La valeur de cet écart n'est plus constante. Elle varie avec la vitesse du déplacement de la charge. En prenant dans l'ordre décroissant les trois vitesses de la série expérimentale, les écarts de la dépense décroissent de la manière suivante : $c\,\frac{60^{l},30}{31^{l},20} = 1,930$; $b\,\frac{53^{l},40}{28^{l},55} = 1,870$; $a\,\frac{44^{l},90}{25^{l},40} = 1,767$. Il est facile de s'imaginer les résultats du prolongement de la décroissance du chemin parcouru dans l'unité de temps : l'écart des dépenses ne disparaîtrait pas, mais celle du travail résistant ne tarderait pas à égaler presque celle du travail moteur.

» C. Les facteurs dont l'intervention est nécessaire pour imprimer a la dépense énergétique les caractères spéciaux signalés dans le résumé ci-dessus. — Le but de l'analyse qui vient d'être faite, et qui est à poursuivre jusque dans les moindres détails, n'était pas seulement de mettre empiriquement en évidence les caractères de la dépense énergétique du travail moteur et du travail résistant, chez l'homme qui monte ou descend son propre poids. Dans cette analyse, on a, de plus, procédé au groupement et à la coordination des faits, de manière à en tirer, pour ainsi dire naturellement, l'indication des interventions qui les créent ou qui les expliquent. C'était le meilleur moyen de se procurer les éléments d'une formule capable d'exprimer à la fois ces faits et les lois qui les régissent.

» Or, les faits absolument fondamentaux, qui appellent le plus fortement l'attention, ce sont les particularités attachées à la manifestation de l'écart existant entre les deux dépenses excitées par l'exécution du travail moteur et du travail résistant.

» De l'ensemble de ces faits, il ressort qu'ils ne sauraient être attribués qu'à un seul et même facteur, intervenant *symétriquement*, *en plus* avec le travail moteur, *en moins* avec le travail résistant.

» Et ce facteur ne peut être cherché du côté du *travail extérieur* du système musculaire. Positif ou négatif, ce *travail extérieur* entraîne nécessairement dans les deux cas, au sein du système musculaire, une dépense égale d'énergie *spécialement consacrée au déplacement de la charge*, soit à la *montée* pour le soulèvement de cette charge, soit à la *descente* pour le refrènement de sa chute, dépense toujours proportionnelle au travail mécanique effectué.

» C'est donc dans la dépense propre attachée à l'exécution du *travail intérieur* du muscle que réside l'origine de l'écart en question. Et l'on est confirmé dans cette conclusion par les faits antérieurement établis. Je veux parler des faits qui concernent la manifestation physique de ce *travail intérieur*, c'est-à-dire l'élasticité acquise par le muscle *en contraction statique* pour le soutien fixe d'une charge, les lois de la variation du coefficient de cette élasticité acquise et celles de la dépense attachée à la création dudit *travail intérieur*.

» Lorsque le muscle, préalablement mis en état de contraction statique, entre en *contraction dynamique*, son *coefficient d'élasticité*, par conséquent son *travail intérieur*, avec la *dépense* correspondante, *augmente* ou *diminue* suivant que la contraction dynamique est *positive* ou *négative*.

» Ajoutons que *tous* les faits s'accordent pour établir que ces deux

influences, divergentes ou inverses, agissent proportionnellement au produit de la charge par la *vitesse* avec laquelle celle-ci est entraînée, quand le muscle se raccourcit ou s'allonge pour soulever cette charge ou la mettre en chute.

» Il ne paraît pas qu'on puisse expliquer autrement les caractères du rapport tantôt fixe, tantôt variable des dépenses entraînées respectivement par le travail moteur et par le travail résistant correspondant. En tout cas, cette explication permet une superposition suffisamment concordante des modifications imprimées par les variations expérimentales aux travaux intérieurs et extérieurs des muscles, d'une part, et des modifications concomitantes de la dépense énergétique, d'autre part.

» Il y a donc lieu de penser que la formule à employer pour exprimer la loi générale de la dépense énergétique, dans le travail des moteurs animés, doit contenir comme éléments fondamentaux :

» 1° L'expression de la dépense attachée à l'exécution du *travail intérieur* qui équilibre la charge dans la *contraction statique,* point de départ nécessaire de la *contraction dynamique ;*

» 2° L'expression de l'*augmentation* ou de la *diminution* imprimées à ce *travail intérieur,* en fonction de la valeur de la charge et de la *vitesse* de déplacement de la *masse* qu'elle représente, quand la *contraction statique* se transforme en *contraction dynamique* pour opérer le soulèvement ou l'abaissement de cette masse ;

» 3° L'expression de la dépense consacrée à l'exécution même du *travail extérieur,* positif ou négatif, c'est-à-dire à la création ou à l'extinction de la force vive, à l'état d'énergie potentielle ou d'énergie actuelle, acquise ou perdue par la charge dans son ascension ou le refrènement de sa chute ([1]).

([1]) Je tiens à faire remarquer que les conclusions auxquelles j'arrive, à la suite de cette étude, sur la dépense énergétique de l'homme qui élève ou descend sa propre masse, laisse subsister celles que j'ai tirées (*Comptes rendus,* t. CXXX, p. 757) de mon étude de l'élasticité du muscle en contraction dynamique, à la condition de considérer ces dernières conclusions comme s'appliquant exclusivement au *travail intérieur* du muscle (création de l'élasticité fonctionnelle). Mais l'expression de ces conclusions sur le *travail intérieur* doit être modifiée et, si on l'applique à la *dépense énergétique* concomitante, complétée par l'adjonction de l'énergie dépensée en propre pour le *travail extérieur*.

Du reste, grâce à cette adjonction, *nécessaire,* on peut se débarrasser de toutes les hypothèses que j'ai développées dans le *Journal de la Physiologie et de la Patho-*

» Mais je ne saurais faire de propositions pour la forme à donner à ces expressions qu'après avoir achevé les expériences à l'aide desquelles j'espère pouvoir me procurer les documents empiriques propres à établir une comparaison détaillée, suffisamment précise, de la dépense d'énergie qu'entraîne l'exécution du travail extérieur, moteur ou résistant, dans les machines inanimées et les moteurs animés. »

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *J.-G. Agardh*, Correspondant pour la Section de Botanique, décédé le 17 janvier 1901.

M. **Siedlecki** adresse des remercîments à l'Académie, pour la distinction accordée à ses travaux.

M. **Gaston Bonnier** présente à l'Académie le premier fascicule d'un « Cours de Botanique » rédigé par lui en collaboration avec M. *Leclerc du Sablon*, Doyen de la Faculté des Sciences de Toulouse.

« Dans cet Ouvrage sont décrits successivement les principaux groupes de végétaux, en y comprenant leur classification. La description et l'anatomie des organes sont traitées d'après un certain nombre de types choisis parmi les plantes les plus répandues. De plus, l'historique des découvertes botaniques a été, de la part des Auteurs, l'objet de recherches spéciales qui sont résumées à la suite des principales parties de l'Ouvrage, avec des gravures reproduites d'après les anciens auteurs.

» Ce premier fascicule renferme, après les Préliminaires et après l'Étude de la cellule et des tissus végétaux, les Chapitres relatifs à la tige, à la feuille et (en partie) à la racine des Phanérogames Angiospermes. Il com-

---

logie générales, sur l'existence d'un travail neuro-musculaire, indépendant du propre travail intérieur du muscle, dans le but de mettre la théorie de la dépense de la contraction dynamique en harmonie avec tous les faits observés.

L'étude actuelle, en complétant et en précisant ces faits, permet maintenant de les expliquer tous, sans recourir à aucune supposition plus ou moins arbitraire.

prend 384 pages et contient 553 figures, toutes originales, la plupart dessinées d'après nature. »

M. **Rouché**, en présentant à l'Académie le premier Volume d'un Ouvrage intitulé : « Analyse infinitésimale, à l'usage des ingénieurs », par MM. *Eugène Rouché* et *Lucien Lévy*, s'exprime comme il suit :

« Ce Traité fait partie de l'*Encyclopédie industrielle* de M. Lechalas, et le fait d'appartenir à ce Recueil indique suffisamment l'esprit dans lequel notre Travail a été conçu. Nous n'avons jamais perdu de vue que nous nous adressions surtout aux jeunes ingénieurs et nous pensons n'avoir rien omis de ce qui leur est nécessaire pour leurs recherches techniques. »

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Positions diverses de la fibre neutre dans les corps rompus par flexion; raison de la fragilité.* Note de M. **Ch. Frémont**, présentée par M. Maurice Levy.

« On sait que la fibre neutre dans un corps fléchi en deçà de la limite élastique dépend des rapports des coefficients de la matière à la traction et à la compression.

» J'ai constaté, en poussant les essais de pliage jusqu'à la rupture, que la position de la fibre neutre dépend du rapport de la limite élastique à la compression et de la limite élastique à la traction.

» J'ai, en outre, été conduit par les résultats de mes expériences à cette conclusion, qui me paraît d'un grand intérêt pour les usages industriels de l'acier, à savoir qu'un acier est fragile (c'est-à-dire se rompt brusquement au pliage en dépensant une faible quantité de travail) ou non fragile (c'est-à-dire se rompt progressivement en dépensant une quantité de travail proportionnelle à celle qu'exige la rupture par la traction), suivant que le rapport de la limite élastique à la traction à la limite élastique à la compression est plus petit ou plus grand que l'unité.

» Ces propositions résultent de plusieurs expériences que j'ai effectuées et elles sont confirmées par les expériences de M. Hadfield sur la série des alliages fer et nickel, expériences que M. Osmond m'a signalées comme venant à l'appui de mes conclusions.

» Il est vraisemblable que le rapport des coefficients d'élasticité à la traction et à la compression varie dans le même sens que celui des limites élastiques à la traction et à la compression.

» Je me réserve de conduire mes expériences en vue de vérifier l'exactitude de cette induction.

Essais mécaniques de M. Hadfield sur les alliages fer-nickel (¹).

	Composition chimique.			Limite élastique à la compression.	Essais de traction.			
	C.	Mn.	Ni.		Limite élastique.	Rupture.	Allongement pour 100.	
						kg		
A.....	0,19	0,79	0,27	22	19	31	35	non fragiles.
B.....	0,14	0,75	0,51	22	20	30	36	
C.....	0,13	0,72	0,95	20	25	33	31	
D.....	0,14	0,72	1,92	27	26	34	33	
E.....	0,19	0,65	3,82	28	28	37	30	
F.....	0,18	0,65	5,81	40	28	41	27	
G.....	0,17	0,68	7,65	40	31	49	26	très fragiles.
H.....	0,16	0,86	9,51	70	42	85	9	
I......	0,18	0,93	11,39	100	65	94	12	
J......	0,23	0,93	15,48	80	55	94	3	
K.....	0,19	0,93	19,64	80	47	71	7	
L.....	0,16	1,00	24,51	50	32	77	13	
M.....	0,14	0,86	29,07	20	25	38	33	non fragile.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la propagation des ondes hertziennes dans la télégraphie sans fils.* Note de M. E. Lagrange.

« Bruxelles, 26 janvier 1901.

« Si l'application des ondes hertziennes à la télégraphie sans fils a atteint dès maintenant un caractère pratique et industriel, la théorie des phénomènes en eux-mêmes est loin d'être faite. Les rôles de la terre et de l'antenne émettrice, par exemple, ne sont pas encore bien définis. Si on laisse de côté l'influence que la terre joue sur la nature même des ondes produites, il semble que son rôle se borne à guider, comme le ferait un conducteur, les ondes émises par l'antenne, et qu'elle ne joue en rien le rôle d'un diélectrique.

» Pour vérifier ce point, nous avons examiné si l'action des ondes se ferait sentir sur un cohéreur enfoui dans le sol, à $0^m,30$ de profondeur. Une cavité convenable avait été creusée à une centaine de mètres du radiateur, alimenté par une bobine donnant $0^m,25$ d'étincelle, et munie d'une antenne de 2^m. Dans une caisse en bois se

(¹) *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. CXXXVIII, Londres, 1898-1899.

trouvaient les appareils récepteurs ordinaires; le morse était remplacé par une cartouche de dynamite, placée à distance convenable et reliée par conducteurs souterrains au relai. Dans ces conditions, la fosse n'étant pas refermée, la mine détonait avec la plus grande facilité. Mais, lorsque la terre eut été rejetée, de manière qu'une couche de $0^m,30$ recouvrît la caisse en bois, il fut impossible d'agir sur le cohéreur. Un conducteur isolé et enterré avait été au préalable connecté au cohéreur; en le déterrant et le reliant à une antenne, on obtint aussitôt la déflagration.

» Il faut en conclure que les ondes ne pénètrent point à l'intérieur du sol, et qu'il y a probablement absorption et réflexion des ondes émises par l'antenne. Au point de vue militaire, ces expériences montrent aussi dans quelles conditions la mise à feu des mines pourrait avoir lieu à distance. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du nitrate d'uranium.* Note de M. **Œchsner de Coninck.** (Extrait.)

« .... L'étude de l'action de la chaleur sur le nitrate d'uranium m'a conduit aux conclusions suivantes :

» 1° La calcination brusque du nitrate d'uranium cristallisé fournit une modification rouge du sesquioxyde d'uranium, qui paraît être le polymère de la modification orange;

» 2° Cette modification rouge, calcinée pendant quarante heures au rouge sombre, dans une capsule de platine, se transforme partiellement en un oxyde brun. Calcinée pendant le même temps, au rouge vif, dans un creuset de platine fermé, *elle ne s'est pas transformée en oxyde vert*, mais a fourni une très petite quantité de l'oxyde brun;

» 3° La modification orange du sesquioxyde d'uranium, qui prend naissance dans la calcination ménagée du nitrate d'uranium, chauffée pendant vingt-six heures au rouge sombre, s'est partiellement transformée en modification rouge.

» Je continue ces recherches. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du bromure de bore sur les iodures de phosphore et sur les composés halogénés de l'arsenic et de l'antimoine* [1]. Note de M. **Tarible**, présentée par M. Henri Moissan.

« I. *Action du bromure de bore sur les iodures de phosphore.* — Les iodures de phosphore ont donné lieu, avec le bromure de bore, à des réactions du

[1] Ce Travail a été fait au laboratoire de M. Henri Moissan.

même ordre que celles que nous avons observées avec les chlorures et les bromures de ce métalloïde et que nous avons décrites antérieurement (¹).

» *Bromure de bore et bi-iodure de phosphore.* — Le bromure de bore, versé dans une solution sulfo-carbonique de bi-iodure de phosphore, fournit un corps jaune cristallin en même temps que le liquide devient rouge sombre. Le même composé apparaît lorsque l'on fait réagir le bromure de bore et le bi-iodure de phosphore en tube scellé.

» Nous avons fait varier les proportions des substances réagissantes ; dans tous les cas, nous avons obtenu un corps d'aspect et de formule identiques ainsi que le montrent les analyses ci-dessous faites sur des échantillons provenant de mélanges de proportions différentes :

Expériences.	1.	2.	3.	Théorie pour $P^2I^4, 2BoBr^3$.
Phosphore	5,98	5,17	5,19	5,78
Brome..............	44,00	44,73	44,63	44,77
Iode................	47,79	47,64	47,51	47,38
Bore (non dosé).....	»	»	»	2,05

» Le bromo-iodure $P^2I^4, 2BoBr^3$ est en cristaux jaune d'or ; avant de fondre, il émet des vapeurs d'iode vers 130°, puis entre en fusion vers 145°, mais, à cette température, il a déjà subi une décomposition partielle.

» Il est soluble dans le bromure de bore, le sulfure de carbone, le chloroforme, et il est insoluble dans l'huile de vaseline et l'éther de pétrole.

» Il est très rapidement décomposé par l'air humide, plus rapidement encore par l'eau, en acide borique, acide phosphoreux et en acides bromhydrique et iodhydrique. Il peut être sublimé dans un courant d'hydrogène sans altération.

» Il brûle dans l'oxygène lorsqu'on élève la température, en donnant des anhydrides borique et phosphorique: l'iode et le brome sont mis en liberté. Le soufre à l'état de vapeur détermine la formation d'un iodure de soufre. Le chlore réagit en donnant des composés doubles chlorés. Il absorbe le gaz ammoniac avec élévation de température en donnant naissance à une poudre blanche amorphe. $P^2I^4, 2BoBr^3$ réagit sur les composés organiques comme d'ailleurs ses constituants permettaient de le prévoir.

» *Bromure de bore et tri-iodure de phosphore.* — La réaction ne se produit pas à la température ordinaire; mais, si l'on chauffe un mélange de ces deux corps en tube scellé, on obtient par refroidissement un mélange de larges cristaux d'iode et de cristaux jaunes semblables à ceux de l'expérience précédente, le tout baignant dans un liquide très coloré.

» Ainsi, le bromure de bore réagit sur le tri-iodure de phosphore en donnant le même composé qu'avec le bi-iodure, mais avec mise en liberté d'iode, conformément à l'équation suivante :

$$2PI^3 + 2BoBr^3 = P^2I^4, 2BoBr^3 + 2I.$$

(¹) TARIBLE, *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 1521 et t. CXXXII, p. 83.

» Les iodures de phosphore né fournissent donc avec le bromure de bore qu'un seul et même composé, le tri-iodure de phosphore étant détruit dans la réaction et amené à l'état de bi-iodure.

» II. *Action du bromure de bore sur le chlorure, le bromure et les iodures d'arsenic.* — Il nous a paru intéressant, pour compléter ce travail, d'étendre l'action du bromure de bore aux composés halogénés de l'arsenic et de l'antimoine.

» Nous avons obtenu les résultats suivants :

» *Bromure de bore et chlorure d'arsenic.* — Lorsque, dans un tube à essai contenant déjà du chlorure d'arsenic, nous avons ajouté le bromure de bore, il s'est produit un dégagement gazeux abondant accompagné d'une élévation notable de température, et, le liquide restant, incolore, s'est pris en une masse cristalline entre 18° et 20°.

» Nous avons renouvelé cette expérience avec des quantités de matières et dans des conditions telles qu'il nous a été possible de connaître les poids respectifs des corps mis en présence, le poids du gaz dégagé, le poids du résidu, et d'en déduire les quantités des corps entrés en réaction.

» Des diverses données ainsi obtenues nous avons dû conclure à un simple échange d'éléments entre le bromure de bore et le chlorure d'arsenic, représenté par l'équation suivante :

$$AsCl^3 + BoBr^3 = AsBr^3 + BoCl^3.$$

» *Bromure de bore et bromure d'arsenic.* — Au moment du mélange de ces deux corps, on n'observe qu'un abaissement très sensible de la température et l'apparition, vers 18°, de cristaux rappelant par leur aspect ceux du bromure d'arsenic.

» Dans une nouvelle expérience, nous avons opéré sur des poids connus des deux bromures. En abaissant la température au-dessous de 18°, nous avons pu séparer la partie liquide de la partie cristallisée. Le poids de cette dernière fut trouvé sensiblement égal à celui du bromure d'arsenic employé. En même temps, nous avons pu nous assurer que la partie liquide n'était autre que du bromure de bore.

» Le bromure d'arsenic s'était donc simplement dissous dans le bromure de bore.

» *Bromure de bore et iodures d'arsenic.* — Le tri-iodure et le penta-iodure d'arsenic se dissolvent dans le bromure de bore en tube scellé entre 180° et 200°, mais ne donnent lieu à aucun phénomène d'addition ni de décomposition.

» III. *Action du bromure de bore sur les composés halogénés de l'antimoine.* — Les réactions que le bromure de bore donne avec ces divers corps sont en tous points comparables à celles que nous avons observées sur les composés halogénés de l'arsenic.

» Avec les chlorures il y a échange d'éléments et forte élévation de température. Ces réactions sont représentées par les deux équations sui-

vantes :

$$SbCl^3 + BoBr^3 = BoCl^3 + SbBr^3,$$
$$3SbCl^5 + 5BoBr^3 = 5BoCl^3 + 3SbBr^3 + 6Br.$$

» Le bromure et l'iodure d'antimoine se dissolvent dans le bromure de bore sans qu'il en résulte d'altération dans leurs propriétés.

» *Conclusions.* — Les recherches que nous avons faites concernant l'action du bromure de bore sur les composés halogénés du phosphore, de l'arsenic et de l'antimoine, nous ont conduit aux résultats que nous pouvons résumer dans le Tableau comparatif suivant :

Corps mis en présence de $BoBr^3$.	Réactions produites.
PCl^3	Composé $PCl^3, 2BoBr^3$
PCl^5	» $PCl^5, 2BoBr^3$
PBr^3	» $PBr^3, BoBr^3$
PBr^5	» $PBr^5, BoBr^3$
P^2I^4	» $P^2I^4, 2BoBr^3$
PI^3	» $P^2I^4, 2BoBr^3 + I$
$AsCl^3$	Double décomposition
$AsBr^3$	Solution
AsI^3	Solution
AsI^5	Solution
$SbCl^3$	Double décomposition
$SbCl^5$	»
$SbBr^3$	Solution
SbI^3	Solution

» Ces réactions sont d'ailleurs en complet accord avec les données thermochimiques déterminées par différents observateurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'alcool œnanthylique sur son dérivé sodé ; nouvelle méthode de synthèse des alcools.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. Henri Moissan.

« On ne connaît actuellement qu'un assez petit nombre de méthodes conduisant à la synthèse des alcools monoatomiques : les alcools d'atomicité élevée, en particulier, n'ont pu jusqu'ici être obtenus synthétiquement qu'en passant par les aldéhydes correspondants. La méthode que j'ai l'honneur d'exposer à l'Académie permet d'obtenir facilement certains d'entre eux au moyen d'autres alcools moins condensés.

» Dans deux précédentes Communications [1], j'ai montré qu'en chauffant à 150°-160° l'alcool amylique inactif avec son dérivé sodé l'on obtient surtout de l'alcool diamylique et de l'acide isovalérique, suivant la réaction

$$2C^5H^{12}O + C^5H^{11}NaO = C^{10}H^{22}O + C^5H^9NaO^2 + 4H.$$

» La formation de l'alcool diamylique résulte, en somme, de la condensation de deux molécules d'alcool amylique avec départ d'une molécule d'eau

$$2C^5H^{12}O = C^{10}H^{22}O + H^2O.$$

» J'ai tenté la même réaction sur l'alcool œnanthylique; elle réussit encore et peut être formulée

$$2C^7H^{16}O + C^7H^{15}NaO = C^{14}H^{30}O + C^7H^{13}NaO^2 + 4H.$$

» Les produits principaux sont, en effet, de l'acide œnanthylique $C^7H^{14}O^2$ et un alcool de formule $C^{14}H^{30}O$, provenant de la condensation de deux molécules d'alcool œnanthylique. Il se forme en même temps, comme nous verrons dans la suite, l'acide correspondant $C^{14}H^{28}O^2$ et un peu d'un alcool de formule $C^{21}H^{44}O$ provenant de la condensation de trois molécules œnanthyliques.

» L'alcool œnanthylique employé provenait de la réduction de l'œnanthol par l'amalgame de sodium en liqueur acétique et bouillait à 174°-175°.

» Dans une bouteille en cuivre munie d'un réfrigérant à reflux, on chauffe peu à peu 400gr de cet alcool avec 30gr de sodium jusqu'à 220°, température que l'on maintient pendant douze heures. On observe un dégagement d'hydrogène, d'abord très rapide par suite de la réaction du sodium sur l'alcool, puis beaucoup plus lent, mais très régulier; il est alors produit par la réaction formulée plus haut. Enfin, après douze heures, le dégagement cesse à peu près complètement; la réaction est terminée.

» On reprend par l'eau le mélange refroidi et on l'additionne d'une quantité d'acide sulfurique telle que la solution aqueuse reste franchement alcaline; on achève alors la saturation par un courant d'acide carbonique et on laisse déposer le mélange qui se sépare en deux couches : une couche aqueuse, une couche huileuse qui surnage.

» La solution aqueuse est alors lavée plusieurs fois avec de l'éther, puis additionnée d'un excès d'acide sulfurique qui en précipite des acides huileux que l'on sèche et que l'on soumet à la distillation fractionnée. Les 243gr de produit brut donnent ainsi 150gr de produit bouillant à 222°-225° sous la pression normale; c'est de l'acide œnanthylique; puis 50gr de produit distillant de 190°-192° sous 13mm de

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 511 et 1002.

pression. Cette dernière fraction est rectifiée de nouveau : elle distille presque entièrement entre 190° et 191°. L'analyse et un titrage acidimétrique lui assignent la formule $C^{14}H^{28}O^2$ (C trouvé 73,21, calculé 73,68; H trouvé 12,31, calculé 12,28). Sa densité à 15° est 0,8860. Refroidi à —10°, cet acide cristallise et ses cristaux fondent à + 4°. Il est donc différent des deux acides de même formule déjà connus : l'acide myristique qui fond à 53°,8, l'acide diœnanthylique de Perkin, qui reste liquide à —10°; je le nommerai *acide diœnanthylique* β, pour le distinguer de ce dernier acide.

» La couche huileuse, séparée comme il a été dit, renferme les alcools, en partie libres, en partie à l'état d'éthers œnanthyliques. On la fait donc bouillir avec la potasse alcoolique pour saponifier ceux-ci, puis on distille le produit sous pression réduite. Il passe d'abord de l'alcool œnanthylique qui n'a pas pris part à la réaction, puis deux fractions principales qui, après six rectifications sous 13mm de pression, donnent 72gr d'un alcool bouillant à 151°,5-152°,5 et 8gr d'un autre alcool bouillant à 202°-206°.

» Le premier répond à la formule $C^{14}H^{30}O$ (C trouvé 78,72, calculé 78,50; H trouvé 14,11, calculé 14,02); je le nommerai *alcool diœnanthylique* β. C'est un liquide incolore, d'odeur faible, ne se solidifiant pas à — 20°. Il bout à 286°-289° sous la pression normale, le thermomètre étant entièrement plongé dans la vapeur et à 151°,5-152°,5 sous 13mm de pression. Sa densité à 15° est 0,8405.

» Le second a pour formule $C^{21}H^{44}O$ (C trouvé 80,87, calculé 80,77; H trouvé 14,15, calculé 14,10); c'est l'*alcool triœnanthylique*. Il est liquide, incolore, à peu près inodore, bout à 202°-206° sous 13mm de pression et a pour densité à 15° 0,8447.

» En résumé, on voit qu'il s'est formé, dans l'action de l'alcool œnanthylique sur son dérivé sodé : de l'acide œnanthylique, de l'alcool diœnanthylique, de l'alcool triœnanthylique et l'acide correspondant.

» Les deux premiers composés ont pris naissance dans la réaction déjà formulée; quant à l'alcool triœnanthylique, il est dû vraisemblablement à l'action ultérieure de l'alcool diœnanthylique déjà formé sur le dérivé sodé de l'alcool œnanthylique encore présent dans le mélange

$$2C^{14}H^{30}O + C^7H^{15}NaO = C^{21}H^{44}O + C^{14}H^{27}NaO^2 + 4H.$$

» Ces réactions sont tout à fait analogues à celle observée déjà avec l'alcool amylique inactif (*loc. cit.*); celle, en particulier, qui donne naissance à l'alcool triœnanthylique montre que l'on peut sans doute généraliser, au moins pour les alcools supérieurs à l'alcool butylique, et dire qu'en chauffant un alcool primaire avec le dérivé sodé d'un autre alcool primaire, on obtient la réaction :

$$2C^mH^{2m+2}O + C^nH^{2n+1}NaO = C^{(m+n)}H^{2(m+n)+2}O + C^mH^{2m-1}NaO^2 + 4H.$$

» Je me propose d'en confirmer la généralité par de nouvelles recherches. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénations directes réalisées en presence du nickel réduit : préparation de l'hexahydrobenzène.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens.**

« Dans des travaux antérieurs (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 1358; 1897, et t. CXXVIII, p. 1173; 1899), nous avons indiqué que le nickel récemment réduit de son oxyde est capable de réaliser, dès la température ordinaire, la combinaison directe de l'hydrogène avec l'éthylène ou l'acétylène. La réaction conduit normalement à l'éthane, accompagné d'une proportion plus ou moins forte de carbures forméniques supérieurs.

» Depuis lors, dans des recherches nouvelles que nous poursuivons, nous avons reconnu que le nickel réduit est un agent très actif qui permet de réaliser facilement, à température peu élevée, soit des hydrogénations directes, soit des dédoublements moléculaires.

» Le métal intervient par une *action de présence,* de durée à peu près indéfinie, qui est due certainement à la formation de produits temporaires, tels qu'un hydrure instable, et il provoque de la sorte un grand nombre de réactions exothermiques qui ne peuvent être habituellement réalisées que par le secours de températures élevées, défavorables à la stabilité des produits, ou par des conditions expérimentales d'un usage laborieux.

» *Mode opératoire.* — Sur le nickel récemment réduit et disposé en couche mince dans le tube même de réduction, on dirige les vapeurs du corps à hydrogéner, entraînées par un excès d'hydrogène [1]. Si le corps est un liquide assez volatil possédant à la température ordinaire une tension de vapeur notable, il suffit de faire barboter l'hydrogène dans un laveur rempli de ce liquide. Si ce dernier est peu volatil à froid, on le fait arriver continuellement dans l'intérieur du tube déjà chauffé, par un *tube capillaire* de longueur et de diamètre convenablement choisis.

» Le nickel étant maintenu à une température suffisante, l'hydrogénation est habituellement indiquée par une diminution plus ou moins grande de la vitesse de l'hydrogène qui sort du tube : les produits liquides qui en résultent sont aisément condensés dans un tube refroidi.

» Le métal conserve longtemps son activité ; mais, avec divers composés organiques, il arrive que celle-ci va en s'affaiblissant quand, des réactions de dédoublement se

---

[1] Il faut éviter avec le plus grand soin toute introduction d'air.

superposant à l'hydrogénation, il se produit sur le nickel un dépôt notable de charbon.

» *Hydrogénation du benzène.* — Le procédé qui vient d'être décrit permet de réaliser aisément au-dessous de 300° l'hydrogénation directe du benzène et de ses homologues.

» Nous avons opéré sur du benzène cristallisable très pur, absolument privé de thiophène.

» Quand on dirige sur le nickel réduit l'hydrogène saturé à froid de vapeurs de benzène, la réaction se manifeste nettement dès 130° : à 180° elle est très rapide. Avec une traînée de métal occupant dans le tube une longueur d'environ 30^{cm} et une vitesse initiale de l'hydrogène d'environ 60^{cc} par minute, l'hydrogénation du benzène se produit totalement conformément à l'équation :

$$C^6H^6 + H^6 = C^6H^{12}.$$

» Le volume du gaz diminue notablement : par suite, le gaz qui sort est sursaturé de vapeurs, et les parois du tube abducteur, absolument sèches au début de l'expérience, ruissellent de liquide. En faisant arriver le gaz dans un tube refroidi à 0°, on condense la plus grande partie du composé, sous forme d'un liquide incolore qui est de l'*hexahydrobenzène* (cyclohexane, hexanaphtène) absolument pur. Il possède une odeur éthérée agréable, bout à 81°, et se congèle facilement en un solide hyalin qui fond à 4°,5.

» Cet hexahydrobenzène ne contient aucune proportion appréciable de benzène : car il ne fournit absolument aucune réaction au contact prolongé du mélange à volumes égaux d'acide sulfurique et d'acide nitrique fumant.

» Il ne renferme pas non plus de produits inférieurs d'hydrogénation (cyclohexènes, cyclohexadiènes), car l'addition d'acide sulfurique concentré ne développe aucune coloration.

» L'appareil, une fois installé, peut fonctionner presque sans surveillance pendant de longues heures : c'est donc une préparation commode et sûre de l'hexahydrobenzène.

» La réaction est la même lorsque, dans le mélange soumis à l'influence du métal vers 180°-200°, il y a un excès de benzène, ce qu'on peut réaliser facilement par l'emploi du dispositif à tube capillaire.

» Dans ce cas, le volume de l'hydrogène est fortement diminué par le fait de la combinaison; dans une de nos expériences, un courant de 45^{cc} par minute fut réduit à 4^{cc}. Le liquide condensé est alors un mélange d'hexahydrobenzène et de benzène, sans aucune trace de produits intermédiaires : le cyclohexane peut en être retiré par l'emploi du mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique, qui attaque seulement le benzène.

» En opérant, comme il a été dit plus haut, sur de l'hydrogène saturé, à froid, de benzène, la réaction est complète à 200°. Mais, si la température du métal surpasse 300°, on observe que le ruissellement cesse dans le tube, et l'on ne condense

plus rien dans le tube refroidi, bien que le volume du gaz qui sort de l'appareil soit encore devenu un peu plus faible.

» C'est que, comme nous l'avons vérifié par des expériences directes, l'hexahydrure de benzène, chauffé seul au contact du nickel au-dessus de 300°, se détruit avec dépôt de charbon, en dégageant un gaz qui a sensiblement la composition du formène [1]. On peut l'expliquer facilement en admettant que, sous l'action du nickel, l'hexahydrobenzène se dédouble d'abord en trois molécules d'éthylène :

$$C^6H^{12} = 3C^2H^4.$$

» Nous avons montré, en 1897, que l'éthylène en présence du nickel au-dessus de 300° se dédouble en charbon et carbures forméniques, la réaction finale dominante étant

$$3C^2H^4 = 3C + 3CH^4.$$

» En présence d'un excès d'hydrogène, l'hexahydrure formé par l'hydrogénation directe du benzène doit être de même détruit au-dessus de 300° en présence du nickel; mais l'éthylène formé est hydrogéné de suite, au lieu d'être détruit, et l'on obtiendrait de l'éthane pur si celui-ci n'était lui-même atteint par le métal à la température de la réaction, comme nous l'avons indiqué dans le Travail déjà cité. Si l'on négligeait ce dernier effet, la réaction de l'hydrogène sur le benzène en présence du nickel au-dessus de 300° serait

$$C^6H^6 + H^{12} = 3C^2H^6.$$

» Nous avons pu, comme pour le benzène, obtenir l'hydrogénation régulière du toluène, des xylènes, du cymène, etc., ainsi que de composés très différents, tels que le nitrobenzène, qui est facilement transformé en aniline. Nous nous proposons de faire connaître ces résultats dans une prochaine Communication. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme des actions diastasiques.* Note de M. **Hanriot**, présentée par M. Armand Gautier.

» Dans ma Note précédente, j'ai montré que la saponification des éthers par la lipase peut s'interpréter en supposant que celle-ci forme avec les acides une combinaison facilement dissociable, de façon que le ferment, sans cesse régénéré, disparaît dans le phénomène final dont il ne fait qu'augmenter la vitesse. J'apporte aujourd'hui de nouvelles preuves à l'appui de cette explication.

---

[1] Nous avons vérifié qu'à 300° et même 350° le benzène ne subit, en présence du nickel réduit, aucune destruction appréciable.

» On sait que la saponification des éthers par l'eau est limitée, comme elle l'est en présence de la lipase, et que la limite de la saponification est abaissée par la présence de l'un des produits du dédoublement. Or, j'ai montré autrefois que, tandis qu'un excès d'acide arrête complètement la fermentation lipasique, la glycérine est à peu près sans action sur la saponification par le ferment : ce qui est bien d'accord avec l'hypothèse que la lipase se combine avec l'acide et non avec la glycérine.

» Toute action limitée par les produits mêmes qui se forment peut se concevoir comme résultant de deux réactions : l'une directe, l'autre inverse, se contrebalançant partiellement. Ainsi, dans le cas présent, le fait que la lipase a son action décomposante arrêtée dès qu'une certaine quantité d'acide gras est mise en liberté fait supposer que, si l'on met la lipase en présence de glycérine et d'un excès d'acide, elle doit pouvoir les recombiner, de façon à réaliser toujours le même rapport entre les quantités d'acide et d'éther en présence.

» Voici comment j'ai conduit l'expérience. J'introduis 1^{cc} de sérum, préalablement neutralisé, dans un mélange de 10^{cc} d'eau et 10 gouttes (25 au centimètre cube) d'une solution renfermant :

Glycérine : 5^{gr}; Acide isobutyrique : 2^{gr}; Eau : 125^{gr}.

Je chauffe pendant un temps variable à 37° et je dose l'acidité [1] : 1° dans le sérum S; 2° dans le mélange acide A sans sérum, maintenus l'un et l'autre à la même température; 3° dans le mélange d'acide et de sérum (A + S). La perte d'acidité de ce dernier ne peut provenir que de la combinaison de la glycérine et de l'acide. Voici les résultats :

	½ heure.	1 heure.	1 ½ heure.
S	2	5	5
A	47	46	48
A + S	34	30	24
Acidité disparue	15	21	29
Acidité disparue pour 100 primitive	30	44	54

» Ainsi, dans cette expérience, 54 pour 100 de l'acide butyrique introduit peut être combiné à la glycérine en présence de lipase dans des conditions de temps et de température où la combinaison directe serait à peu près nulle en l'absence de ce ferment.

» Je me suis en outre assuré par de nombreuses expériences que le sérum porté à

---

(1) L'acidité, dans toutes ces expériences, est indiquée par le nombre de gouttes d'une solution de carbonate de soude à 5^{gr} par litre nécessaires pour amener la neutralité, la phtaléine servant d'indicateur.

l'ébullition, ou mis en présence de la même solution acide, mais sans glycérine, ne produisait aucune action.

» J'ai alors fait varier les quantités d'acide en laissant constants à la fin le temps (trente minutes) et les proportions de glycérine et de sérum :

Acidité totale.....	22	29	36	48	50	57	64	72	79	86	93
Acidité disparue...	8,4	11,6	11,8	15	11,2	14,4	12,6	15,8	6	5	4
Pour 100.........	40	39	32	34	22	25	20	22	8	6	4

» Ces nombres montrent que la lipase n'exerce son action synthétique qu'entre des limites bien déterminées; il est, d'autre part, remarquable de voir que la quantité pour 100 d'acide combiné dans un même temps diminue à mesure que la quantité d'acide augmente. Ces deux faits sont dus à l'influence fâcheuse qu'exerce l'acide libre sur le ferment, ainsi que je l'ai montré dans ma précédente Note.

» J'ai cherché à séparer le corps formé dans la réaction. J'ai pris 24 litres d'eau, additionnés de 12gr d'acide butyrique, 24gr de glycérine et 2 litres de sérum de cheval, et j'ai chauffé à 37°. Au bout de quatre heures, l'acidité était tombée à moitié. J'ai alors ajouté 6gr d'acide butyrique, de façon à maintenir l'acidité constante, puis, au bout de quelques heures, j'ai épuisé par de l'éther, et, après avoir lavé celui-ci avec de la potasse j'ai distillé. Le résidu m'a donné environ 3gr d'un liquide bouillant entre 170° et 200° et à peine acide, et un résidu non distillable, pesant environ le même poids. J'en ai eu trop peu pour pouvoir le fractionner, mais, et c'est le point important, j'ai pu constater que ces deux corps, dissous dans l'eau et traités en solution neutre par la lipase, se dédoublaient comme fait la butyrine. Donc le corps qui se forme par l'action de la lipase en solution acide, est détruit par elle en solution neutre. Je m'occupe actuellement d'en préparer une grande quantité pour pouvoir le fractionner et l'identifier.

» J'ai constaté que cette réversion de l'action de la lipase est générale et s'étend même aux acides minéraux.

	SO^4H^2.	AzO^3H.	HCl.	$C^2O^4H^2$.	CH^2O^2.	$C^2H^4O^2$.	$C^4H^8O^2$.
Acidité totale..............	85	70	67	60	67	72	60
Acidité disparue...........	35	25	26	20	17	33	30
» pour 100....	41	36	38	33	26	46	50

» Si l'on rapproche ces nombres de ceux que j'ai donnés précédemment pour la décomposition des éthers, on remarquera que, pour les acides gras, la facilité de combinaison augmente avec le poids moléculaire, tandis que, pour les éthers, la facilité de décomposition par la lipase est d'ordre inverse.

» On voit donc que la théorie que j'ai proposée pour expliquer l'action

de la lipase sur les éthers permettait de prévoir la réversibilité du phénomène, ce que l'expérience a confirmé.

» Cette réversibilité n'est pas un fait isolé ; Hill l'a déjà indiquée dans l'action de la maltase sur le glucose ; on peut prévoir qu'elle deviendra un fait général pour tous les ferments dont l'action est entravée par les produits de la réaction.

» Cette réversibilité doit modifier nos idées sur le rôle des ferments internes dans l'organisme ; ceux-ci n'auraient plus qu'une action régulatrice destinée à maintenir constante la proportion de certaines substances. Ainsi, au moment de la digestion, les acides gras arrivant en abondance dans le sang, la lipase les combine et les fixe à l'état de graisses. Pendant le jeûne, les acides gras diminuant dans le sang par suite de leur combustion, la même lipase reprend la graisse qu'elle avait déposée et la solubilise, en sorte que son rôle est de maintenir constante la proportion d'acides gras contenus dans le sang.

» Nous savons ainsi qu'un certain nombre de nos organes sont capables d'effectuer des actions inverses l'une de l'autre ; il est vraisemblable qu'elles sont dues à un seul et même ferment. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur la fibrinolyse.* Note de M. L. Camus, présentée par M. Bouchard.

« Les conditions de la production de la fibrinolyse et la démonstration de l'existence même de la solubilisation de la fibrine ne sont pas, ce me semble, nettement établies. L'étude de ce mécanisme, que j'ai entreprise, se rattache, d'une part, à l'étude de la coagulation ; d'autre part, elle touche à la question de l'histolyse.

» En me plaçant à ce dernier point de vue, j'ai abordé cette étude par la recherche d'un sérum fibrinolytique. La question si complexe de l'histolyse se poserait avec plus de simplicité, si l'on pouvait isoler une substance simple et définie du protoplasma, et si l'on pouvait préparer un sérum lysinant pour cette substance. La fibrine et le sérum fibrinolytique m'ont paru présenter des conditions analogues de simplicité. Dans le but d'obtenir un sérum fibrinolytique, j'ai injecté, à des animaux d'espèces différentes, de la fibrine préparée aussi pure que possible et de façon aseptique.

» J'ai employé la fibrine du sang de chien, obtenue en partant du plasma oxalaté. Les conditions dans lesquelles je me suis placé m'ont permis d'avoir la fibrine sous forme de très petits flocons, et j'ai pu ainsi la laver très complètement.

» Est-ce à dire que cette fibrine soit entièrement exempte des autres matières albuminoïdes du sérum? Théoriquement cela est impossible à réaliser, pratiquement elle n'en présente que des traces que je n'ai pu déceler. Cette fibrine, desséchée dans le vide à basse température, a été pulvérisée, relavée aseptiquement, puis redesséchée. C'est cette fibrine, finement pulvérisée et mise en suspension dans l'eau salée à 8 pour 1000, que j'ai injectée soit à des lapins, dans le sang, soit à des canards, dans la cavité péritonéale. Les lapins ont été injectés tous les deux jours; la dose totale de poudre injectée a varié de $0^{gr},20$ à $0^{gr},60$. Ces animaux n'ont jamais présenté de troubles particuliers, sauf quelquefois une dyspnée passagère, et la courbe de leur poids est restée normale.

» Le sérum des animaux immunisés a été essayé *in vitro*, soit sur le sang de chien en nature, soit sur ce sang fortement dilué, ce qui permettait d'avoir un très léger caillot en sac, soit enfin sur du plasma étendu d'eau salée et centrifugé. Dans aucun cas, je n'ai obtenu de solubilisation des caillots, soit en opérant à 37°, soit en opérant à la température du laboratoire. Si les caillots, une fois formés, ne sont pas modifiés par le sérum d'un animal immunisé, il n'en est pas de même de la formation des caillots quand l'addition de ce sérum précède la coagulation. Quand on ajoute, à du plasma étendu d'eau salée, des quantités croissantes de sérum d'animal immunisé, on voit apparaître un précipité de plus en plus abondant; pour une certaine valeur du précipité, la formation du caillot n'a plus lieu. Ces résultats m'ont amené à essayer l'action du sérum de l'animal immunisé sur la solution de fibrine et ici encore j'ai observé la formation d'un précipité. Il était donc inutile de poursuivre la recherche d'un sérum fibrinolytique par ce procédé, puisque la solution de fibrine est elle-même précipitée par le sérum de l'animal immunisé.

» Rapprochant les propriétés de ce sérum de celles du sérum d'un animal immunisé par des injections de sérum, j'ai reconnu que le sérum de l'animal immunisé avec la fibrine précipite le sérum de l'espèce animale qui a fourni la fibrine et qu'il précipite aussi les solutions de fibrin-ferment de la même espèce. Le sérum chauffé est précipité comme le sérum non chauffé; les solutions de fibrin-ferment, portées quinze minutes à 100°, sont également précipitées comme les solutions non chauffées. Le sérum d'immunisé est spécifique pour l'ensemble des matières albuminoïdes du plasma sanguin de l'espèce animale qui a fourni la fibrine.

» La chaleur, qui n'agit pas sur les substances précipitées, agit sur le sérum de l'animal immunisé et peut lui faire perdre son pouvoir précipitant. Un chauffage de dix minutes à 65° ne lui fait pas perdre sa propriété, mais un chauffage d'une heure à cette même température l'abolit à peu près complètement.

» Le sérum de l'animal immunisé précipite aux mêmes températures et en apparence dans la même proportion que le sérum d'un animal témoin.

» J'ai aussi immunisé des animaux par des injections de sérum, et j'ai constaté que le sérum de ces animaux immunisés précipite les solutions de fibrine de l'espèce animale qui a fourni le sérum injecté.

» Je crois important d'attirer l'attention sur la façon de faire la réaction, car on pourrait dans certaines conditions méconnaître complètement une réaction positive.

Il est toujours avantageux de mettre en contact une grande quantité de sérum de l'animal immunisé avec une petite quantité du liquide à étudier; j'emploie habituellement 1^{cc} de sérum d'animal immunisé pour $0^{cc},05$ de solution de fibrine ou de sérum normal. Avec le sérum normal la réaction est rapide et très apparente; avec la solution de fibrine elle est lente et très légère : il est, dans ce dernier cas, quelquefois indispensable d'observer minutieusement le fond du tube après vingt-quatre heures avant de se prononcer sur le résultat de la réaction.

» Si, au lieu d'opérer comme je viens de l'indiquer, on renverse les proportions, c'est-à-dire si l'on prend 1^{cc} de sérum de chien et $0^{cc},05$ de sérum d'immunisé, on n'observe pas le plus léger louche même après vingt-quatre heures. L'explication de ce résultat réside dans ce fait que le précipité est soluble dans un excès de sérum normal; si, en effet, après avoir obtenu un abondant précipité en ajoutant $0^{cc},05$ de sérum de chien à 1^{cc} de sérum de lapin immunisé puis centrifugé après dix minutes de contact, et si, après avoir décanté, on remplace le sérum de lapin par 1^{cc} de sérum normal de chien, on voit, après agitation, le liquide s'éclaircir peu à peu et redevenir presque complètement limpide.

» Nous voilà donc revenus sinon à la fibrinolyse, du moins à un phénomène analogue, à savoir : la solubilisation *in vitro*, par un sérum, d'une matière albuminoïde précipitée.

» En résumé : 1° On peut immuniser en injectant dans les vaisseaux des substances [1] en suspension dans l'eau salée à 8 pour 1000.

» 2° Les injections de fibrine ne déterminent pas la production d'un sérum fibrinolytique.

» 3° Les globulines [2] du sang d'une même espèce animale ne semblent pas spécifiques au point de vue de l'immunisation. Le sérum de l'animal immunisé par des injections de fibrine précipite non seulement les solutions de fibrine, mais aussi le sérum et les solutions de fibrin-ferment de l'espèce animale qui a fourni la fibrine; réciproquement, un animal immunisé par des injections de sérum donne un sérum qui précipite le sérum avec lequel a été faite l'immunisation et aussi les solutions de fibrine correspondantes.

» 4° Enfin le sérum normal peut redissoudre le précipité provoqué par le sérum de l'animal immunisé.

» Au point de vue de la cytolyse, ces expériences, pas plus que celles

---

(1) J'ai aussi injecté à des lapins de la poudre de caséum de vache et j'ai obtenu un sérum spécifique. Le sérum de ces lapins ne précipite ni le lait de femme, ni le lait de lapine, ni le lait de chienne.

(2) Je dis *globulines*, car je n'ai pas encore étudié l'action isolée de la sérine, et si l'on s'en rapporte aux expériences de Nolf ce sont les globulines seules qui seraient en cause dans ces expériences.

sur le sérum d'anguille, ne mettent en évidence un phénomène de solubilisation *in vitro;* au contraire, nous obtenons ici un phénomène de précipitation, de coagulation analogue, pour une matière relativement simple, à ce que Metchnikoff a obtenu pour un élément cellulaire complexe, le spermatozoïde. On peut donc penser que, dans un certain nombre de cas au moins, la toxicité des sérums cytotoxiques est due, non à une action lysinante, mais à une réaction de précipitation ou coagulation amenant la mort de l'élément cellulaire ou du tissu. »

ZOOLOGIE. — *Sur les rapports des Grégarines et de l'épithélium intestinal.* Note de M. **Michel Siedlecki**, présentée par M. Alfred Giard.

« Dans un Travail précédent (*Bulletin intern. Ac. Sciences Cracovie*, déc. 1899), nous avons fait connaître le développement *sporogonique* d'une Grégarine (*Monocystis ascidiæ* R. Lank.) : accolement de deux individus adultes, enkystement, formation des sporoblastes; leur *conjugaison isogamique* aboutissant aux sporocystes; maturation de ces derniers. Nous voulons aujourd'hui résumer brièvement les faits que nous avons observés relativement aux rapports des Grégarines avec l'épithélium intestinal. La question est d'actualité puisque, tout récemment, Léger et Duboscq ont mis en doute, sinon l'existence de Grégarines à stades complètement intracellulaires, du moins la généralité d'un tel processus, et Laveran et Mesnil ont fait connaître le premier exemple précis d'une action hypertrophiante exercée par une Grégarine sur la cellule-hôte.

» La *Monocystis ascidiæ* Lank. passe *la plus grande partie de sa période de croissance tout entière dans une cellule de l'épithélium intestinal* d'un Tunicier, *Ciona intestinalis.* Dès les stades les plus jeunes, la Grégarine a les caractères de l'animal adulte que nous avons fait connaître dans notre Travail précité; elle croît donc en restant semblable à elle-même. Nous voulons surtout insister sur l'action qu'elle exerce sur la cellule-hôte.

» On constate d'abord un léger élargissement de la cellule et une hypertrophie très nette du noyau qui devient vacuolaire; presque toute sa chromatine se condense en un gros grain central. A mesure que la Grégarine grossit, l'hypertrophie de la cellule s'accentue; son protoplasme n'a plus la densité ni l'homogénéité de celui des cellules normales; il est parsemé de vacuoles claires. Le noyau est rejeté dans un coin de la cellule et il prend la forme d'un croissant en restant hypertrophié. Aux stades suivants, la cellule acquiert des dimensions considérables; sa largeur est dix à vingt fois celle d'une cellule normale; le noyau est maintenant en voie d'atrophie; on a un croissant

de plus en plus mince, très chromatique. Alors la Grégarine occupe la majeure partie de la cellule; son grand axe est dirigé dans le sens transversal de la cellule et elle se trouve située au voisinage de la membrane basilaire qui sépare l'épithélium intestinal du sinus sanguin environnant. A l'hypertrophie de la cellule succède donc l'atrophie. Plus tard, les cellules épithéliales voisines de celle contaminée viennent se rejoindre par leurs plateaux. Le parasite se trouve refoulé en arrière et, poussant devant lui la membrane basilaire, il vient se loger dans une poche limitée par cette membrane et qui fait hernie dans le système sanguin. Là, il continue à croître, et la plaie qu'il a occasionnée se referme d'elle-même. *Accidentellement*, la membrane basilaire peut se rompre et le parasite tombe dans le système circulatoire; nous en avons observé dans le cœur d'une jeune *Ciona* parfaitement transparente. *Normalement*, le parasite adulte se fraie un chemin entre les cellules intestinales et vient tomber dans la lumière de l'intestin. Là, *secondairement*, il se met en contact avec une cellule; grâce à son pseudopode antérieur, il s'accole, comme par une ventouse, au plateau de la cellule; il est alors complètement extracellulaire. A ce stade, il n'exerce aucune action hypertrophiante; nous avons simplement noté que la cellule-hôte paraissait plus mince, son protoplasme plus condensé.

» C'est seulement ce dernier stade, où le parasite est tout entier extracellulaire, que nous avons observé chez un *Pterocephalus* des Scolopendres d'Italie, voisin de l'espèce que Léger a récemment fait connaître sous le nom de *P. Giardi*. Son épimérite est composé de nombreux filaments renflés à la base, qui s'insinuent toujours *entre* les cellules épithéliales. Comme l'a fort bien fait remarquer Léger, le parasite paraît en relation avec l'épithélium par une quantité de radicelles; on se rend bien compte, sur les coupes tangentielles de l'épithélium intestinal, de la position intercellulaire de ces filaments. Ils paraissent formés de protoplasme très condensé et non de chitine, comme le pense Léger; le renflement basilaire est cannelé. Le *Pterocephalus*, ainsi attaché à l'épithélium intestinal, n'exerce pas d'action particulière sur les cellules; mais par l'ensemble de ses filaments il exerce une sorte de traction sur elles et fait converger les parties tournées vers la lumière de l'intestin.

» Comment agit le parasite sur la cellule-hôte? Nous ne pensons pas que l'hypertrophie de cette cellule soit due à une action mécanique du parasite, comme le pense Schaudinn; et nous en voyons la raison en ce que : 1° le noyau s'hypertrophie le premier; 2° dans le cas décrit par Laveran et Mesnil, il y a seulement une très faible portion de la Grégarine intracellulaire. L'action nous paraît plutôt d'ordre chimique; les produits d'excrétion du parasite passent dans la cellule-hôte et déterminent une irritation de cette cellule. Ni toutes les Coccidies, ni toutes les Grégarines n'exercent une action hypertrophiante. Cela tient, sans doute, à ce qu'un

second facteur entre en jeu, la sensibilité de la cellule parasitée aux produits irritants (venimeux, si l'on veut) excrétés par le parasite. Il n'y a action hypertrophiante que si ces produits sont capables de modifier les échanges normaux de la cellule.

» Quand l'action est faible, seule la cellule parasitée réagit; mais si elle est plus considérable, il peut y avoir réaction des cellules voisines et prolifération de l'épithélium, et cette prolifération peut être assez intense pour entraîner celle du tissu conjonctif environnant. On arrive alors à la production de tumeurs, telles que l'adénome du foie du Lapin. Nous avons donc un enchaînement de phénomènes tels que l'un d'eux est la cause immédiate du suivant. Et il peut arriver que, si l'on s'adresse à un stade assez avancé, les premiers chaînons semblent manquer; qu'on peut, par exemple, ne pas trouver le parasite dans la tumeur, et pourtant c'est lui qui a été la cause première, effacée maintenant, du phénomène que l'on a sous les yeux. »

ZOOLOGIE. — *Le parasitisme intracellulaire et la multiplication asexuée des Grégarines*. Note de MM. **Maurice Caullery** et **Félix Mesnil**, présentée par M. Alfred Giard.

« Les recherches de ces dernières années ont fixé d'une façon précise le cycle évolutif des Coccidies : multiplication asexuée intracellulaire (*schizogonie*, stades à *mérozoïtes*); croissance et différenciation des gamètes mâles et femelles; conjugaison *hétérogamique* conduisant à la formation de sporoblastes, puis de sporocystes à sporozoïtes (*sporogonie*). *Toute la période de croissance des éléments asexués et des gamètes est intracellulaire*. Il était indiqué de chercher les mêmes termes dans l'évolution des Grégarines. Siedlecki a montré récemment que *le processus sexué*, au cours de la sporogonie, *a lieu seulement au stade de sporoblastes* et qu'il y a *isogamie*. Quant à la schizogonie, nous en avons signalé le premier exemple (*Comptes rendus*, 17 janvier 1898) chez une Grégarine cœlomique d'une Annélide marine; elle est intracellulaire. Tout dernièrement (*Comptes rendus*, 27 octobre 1900), Léger a décrit une Grégarine à schizogonie extracellulaire. La question de la schizogonie se rattache à celle de l'existence et de la durée des stades complètement intra-cellulaires dans l'évolution des Grégarines. Nous les examinerons simultanément.

» En associant les faits publiés jusqu'à ce jour avec ceux que nous ont

fournis nos études sur les Grégarines des Annélides, nous croyons pouvoir établir les catégories suivantes :

» I. Certaines Grégarines n'ont aucun stade intracellulaire (Léger et Duboscq, *Comptes rendus*, 4 juin 1900). S'il s'agit d'une Grégarine cœlomique, le sporozoïte « traverse sans s'y arrêter » l'épithélium intestinal (*Diplocystis major* du *Gryllus domesticus*). Dans le cas d'une Grégarine intestinale (*Pyxinia Möbuszi* de la larve d'*Anthrenus museorum*), le sporozoïte se fixe à une cellule épithéliale seulement par une pointe qui, en grossissant, devient l'épimérite (seule portion comprise dans la cellule). Léger et Duboscq pensent « qu'un stade intracellulaire est plutôt excep- » tionnel chez les Grégarines ». C'est là, suivant nous, une conclusion trop étendue, et, en tout cas, inapplicable aux Grégarines des Annélides.

» II. D'autres Grégarines, sans avoir aucun stade *entièrement* intracellulaire, ont, au début de leur croissance, une grande partie de leur corps dans la cellule-hôte. C'est dans cette portion intérieure que se trouve d'abord le noyau; il passe ensuite dans la portion extracellulaire qui grossit de plus en plus et la partie intracellulaire devient l'épimérite. C'est le cas étudié par Bütschli chez *Clepsidrina blattarum*. Nous le retrouvons dans une Grégarine intestinale de *Scolelepis fuliginosa* [1] Clpd. (Annélide de la famille des Spionidiens), appartenant au genre *Doliocystis* Léger : les stades jeunes n'ont que le tiers ou le quart de leur corps hors de la cellule-hôte.

» III. Chez un troisième groupe, pendant une période de croissance assez courte, le parasite est tout à fait intracellulaire, puis perce le plateau de la cellule-hôte, fait hernie, et ne reste plus attaché à elle que par son épimérite. C'est le cas décrit par Aimé Schneider dès 1882 et devenu classique. Nous l'avons retrouvé dans un *Selenidium* de *Cirratulus cirratus* [2], à épimérite gros et sphérique. Laveran et Mesnil (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 9 juin 1900) en ont fait connaître un nouvel exemple chez *Pyxinia Frenzeli*. En somme, ce type diffère peu du précédent, chez lequel il y a peut-être un stade complètement intracellulaire, mais très fugace et qui aurait échappé à l'observation.

» IV. Les Grégarines telles que la *Monocystis ascidiæ,* dont Siedlecki trace l'histoire intracellulaire dans la Note qui précède, se comportent différemment. Il y a chez elle une phase intracellulaire très longue, puis la Grégarine, tout entière et sans transition, quitte la cellule. C'est ce que nous montre aussi un *Selenidium* de *Scolelepis fuliginosa* qui croît presque jusqu'à l'état adulte dans les cellules épithéliales de l'intestin, où on le reconnaît facilement par la structure de son noyau, de son protoplasme et de ses myonèmes nombreux, puis tombe dans la lumière du tube

---

(1) Cette Annélide nous a fourni diverses Grégarines dont il est question ici : 1° le *Doliocystis* du paragraphe II; 2° un *Selenidium* à myonèmes nombreux (16-30), à section elliptique (voir paragr. IV); 3° un *Selenidium* très aplati, avec un gros myonème s'arrêtant, chez les formes adultes, au milieu de la longueur, et donnant à la section transversale une forme légèrement en T (voir paragr. V).

(2) Caullery et Mesnil, in *Miscellanées biologiques*, dédiées au professeur Giard (*Trav. Lab. Wimereux,* t. VII; 1899).

digestif. Une espèce très voisine, le *Selenidium* de *Spio Martinensis*, se comporte de la même façon.

» V. Enfin, dans une dernière catégorie, les phénomènes précédents se compliquent de *schizogonie*. La Grégarine est d'abord intracellulaire et petite; son noyau se multiplie, elle se partage en un certain nombre de *mérozoïtes* qui sortent de la cellule hôte comme dans le § IV. C'est ce qui arrive dans *Gonospora longissima*, Grégarine cœlomique, ainsi que nous l'avons déjà décrit. Nous signalons aujourd'hui un nouvel exemple chez une Grégarine intestinale, un *Selenidium* aplati et à un seul gros myonème que nous rencontrons chez *Scolelepis fuliginosa*. Le parasite intracellulaire, d'abord en forme de croissant, prend peu à peu la forme sphérique; en même temps, son noyau se multiplie, la sphère se résout en un barillet schématique de 7^{μ} à 8^{μ} de hauteur et composé d'une douzaine d'éléments avec un petit reliquat polaire. Les mérozoïtes ainsi formés se séparent, tombent dans la lumière de l'intestin, s'accolent par leur pointe aux cellules intestinales et croissent en restant extracellulaires. Nous avons suivi cette évolution en détail et sans lacunes. Cette observation confirme l'existence de la schizogonie intracellulaire dans le groupe des Grégarines.

» Ce qui ressort le plus clairement de l'exposé précédent, c'est l'extrême variété des rapports entre les Grégarines et l'épithélium intestinal. On a tous les degrés depuis le développement entièrement extracellulaire (I) jusqu'à la croissance presque complètement intracellulaire (IV, *Monocystis ascidiæ*, etc.), avec schizogonie intracellulaire possible (V). Ces étapes conduisent aux Coccidies, où la croissance est tout entière intracellulaire et la schizogonie générale, mais où l'*hétérogamie* a remplacé l'*isogamie*.

» Notons que des espèces très voisines par leur habitus adulte peuvent différer notablement au point de vue de leurs rapports avec l'épithélium intestinal. Tels sont, par exemple, les *Selenidium* (Voir §§ III, IV, V); *Pyxinia Möbuszi* rentre dans la catégorie I (Léger et Duboscq), *P. Frenzeli* dans la troisième (Laveran et Mesnil).

» La schizogonie, quand elle existe, n'a pas davantage un siège fixe. Elle est intracellulaire (*Gonospora longissima*, etc., § V) ou extracellulaire (*Schizocystis gregarinoides*, *Ophyocystis* Léger).

» Comme certaines Coccidies et beaucoup d'autres Sporozoaires, les Grégarines sont capables de déterminer une hypertrophie de la cellule-hôte. Laveran et Mesnil en ont fait connaître un exemple (*Comptes rendus Société de Biologie*, 9 juin 1900). Siedlecki en signale un second. Le *Selenidium* à épimérite sphérique de *Cirratulus cirratus* dont il a été question plus haut, en fournit un troisième. Contrairement, en effet, à ce que nous avons cru, cet épimérite dont le diamètre atteint 50^{μ}, reste intracellulaire. La cellule qui l'héberge et qui a 5^{μ} à 6^{μ} de largeur à l'état normal se distend considérablement et prend la forme d'un cône dont le sommet est sur la membrane

basilaire de l'épithélium. Le protoplasme devient clair et vacuolaire; le noyau grossit, sa chromatine se condense presque entièrement en un gros grain central; il prend souvent la forme d'un croissant qui coiffe la Grégarine.

» Les autres Grégarines étudiées par nous ont une action moins nette et surtout moins constante.

» L'étude des rapports des Grégarines avec l'épithélium intestinal, très négligée depuis les travaux déjà anciens de Bütschli et de Aimé Schneider, mérite donc d'attirer l'attention. Elle constituera un chapitre très intéressant de parasitisme intracellulaire. »

TÉRATOLOGIE. — *De l'inversion du cœur chez un des sujets composants d'un monstre double autositaire vivant, de la famille des Pages.* Note de M. **Chapot-Prévost**, présentée par M. Lannelongue.

« Les sœurs Maria-Rosalina, nées au Brésil (Espirito-Santo) le 21 avril 1893, étaient réunies l'une à l'autre par la région antérieure de leurs corps, depuis la cinquième côte jusqu'à la cicatrice ombilicale. Elles constituaient donc un monstre double monomphalien autositaire, de la famille des Pages.

» Le 30 mai dernier, à Rio-de-Janeiro, nous avons séparé les deux sujets composants de ce monstre; l'une des fillettes (Maria) est morte d'une pleurésie le sixième jour après l'opération; l'autre (Rosalina) ayant survécu, nous l'avons amenée ici à Paris, nous l'avons fait radiographier et nous avons pu constater chez cette enfant une inversion du cœur que nous avions cru apercevoir à l'occasion de l'opération. La petite fille qui est morte avait le cœur normalement placé, comme on a pu le noter lors de l'autopsie.

» L'hétérotaxie cardiaque, chez un des sujets composants de ce monstre, est confirmative des idées de Dareste sur l'importance de ce phénomène en Tératologie. Elle vient à l'appui de la division de l'ancien type *Xiphopage*, d'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, en deux genres : 1° les Thoracopages; 2° les Xiphopages vrais.

» La dextrocardie, désormais facile à démontrer chez Rosalina par la radiographie aussi bien que par la radioscopie, est suffisante pour lever tous les doutes qui auraient pu subsister sur la classification de ce

monstre qui doit être considéré, selon Dareste, comme un Thoracopage.

» Comme beaucoup de Thoracopages ont cependant les cœurs plus ou moins unis et plus ou moins normalement constitués, il y a intérêt à les diviser au point de vue anatomique, mais surtout au point de vue chirurgical en deux sous-genres : 1° les *Thoracopages* à cœurs libres ou Thoracoxiphopages, parfaitement opérables comme le montre notre cas, et ceux à cœurs plus ou moins fusionnés et presque tous inopérables que l'on peut encore appeler *Thoracosternopages*.

» La survie de l'une des fillettes (l'inversée) vient confirmer l'idée émise devant cette Compagnie par M. Marcel Baudouin, en 1892, sur l'opérabilité de ces monstres.

L'intervention chirurgicale dans un cas semblable doit être aussi précoce que possible, pour éviter que la mort de l'un des sujets, ici bien plus intimement unis que chez les simples Xiphopages, la rende impossible ou tout au moins inutile pour le survivant.

» L'absence d'inversion du cœur chez les Xiphopages vrais de Dareste nous démontre que l'hétérotaxie cardiaque n'est pas la cause déterminante de la production de ce genre de monstruosités, mais plutôt la résultante de celles-ci dans certains cas.

» Quant à l'union des cœurs, le cas de Maria-Rosalina prouve qu'elle n'est pas une conséquence fatale de l'inversion de ce viscère chez l'un des sujets composants, puisque celle-ci peut exister sans que celle-là se produise.

» Dans la formation de ces monstres doubles, la position des deux lignes primitives par rapport l'une à l'autre à la surface de l'œuf peut produire quatre groupements différents : 1° *Xiphopagie vraie* de Dareste, c'est-à-dire absence d'inversion, quand l'écartement des deux lignes primitives permet l'évolution normale de l'anse cardiaque des deux sujets; 2° Si cet écartement diminue de façon à gêner à peine cette évolution d'un côté, il y a inversion, mais la soudure des deux cœurs peut ne pas se faire, c'est alors la *Thoracopagie inférieure* ou *Thoraco-xiphopagie* qui se produit, il y a quelquefois dans ces cas une communication des péricardes; 3° Quand il y a un rapprochement des lignes primitives, capable de gêner non seulement l'évolution normale des anses cardiaques, mais encore d'empêcher la formation régulière de leurs parois, il y a inversion et soudure des deux cœurs, mais les cavités de l'un peuvent ne pas communiquer avec celles de l'autre, c'est la *Thoracopagie supérieure* ou *Thoraco-sterno-*

pagie (¹); 4° Finalement, s'il y a un trop grand rapprochement des lignes primitives, il se fait une fusion plus ou moins complète des deux cœurs en un seul, d'où il résulte toujours une communication plus ou moins large des cavités de l'un avec celles de l'autre, le sang pouvant passer directement du cœur d'un sujet à celui de l'autre; on trouve très souvent dans ces cas un seul cœur pour les deux sujets, c'est la Sternopagie.

» Signalons encore la possibilité de l'indépendance des deux tubes digestifs dans les cas de Thoraco-xiphopagie, comme il arrivait pour Maria-Rosalina et même chez certains sternopages, comme nous en avons vu un à la clinique de M. le Dr Porak. »

M. Lannelongue ajoute :

« La Note de M. le Dr Chapot-Prévost éveille l'idée de la nécessité de recourir à la Radiographie pour établir, avant toute opération, qu'il existe bien deux cœurs distincts et séparés, la fusion constituant une contre-indication opératoire absolue.

» A l'occasion de cette monstruosité, je suis heureux de pouvoir dire à l'Académie qu'en 1888 je lui ai présenté un enfant nouveau-né atteint d'une variété d'anomalies qu'on croyait incompatibles avec la vie. Le sujet était atteint d'une ectocardie complète; le cœur était à nu au-devant du thorax, d'où il sortait à travers un anneau. On pouvait le prendre avec la main, constater son insensibilité; il a été l'objet de graphiques importants par MM. Marey et Richet. Je fus assez heureux alors pour pouvoir remettre cet organe en place et l'y maintenir par une autoplastie suivie d'un succès immédiat. J'ai revu l'enfant il y a quinze jours, elle va très bien. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la manne de l'Olivier*. Note de M. Trabut, présentée par M. Guignard.

« Dans la région de Bibans, au village de Mansourah, il existe un assez grand nombre d'oliviers laissant exsuder, en été, une très grande quantité de manne que les indigènes appellent le *miel de l'Olivier*, « *Assal zitoun* ».

(¹) Tout récemment, M. le Professeur Barette vient de présenter un monstre de ce genre à l'Académie de Médecine.

» Cette manne paraît absolument identique à la manne du frêne.

» M. Battandier, qui a bien voulu en faire l'analyse, a trouvé sur des échantillons récoltés en décembre après des pluies fréquentes :

Mannite	52
Sucre réducteur évalué en glucose	7,8
Matières précipitables par l'alcool	9,3
Débris d'insectes, bûchettes, etc.	12,2
Perte	5,2
Eau	13,5

» Les arbres d'où découle la manne sont évidemment malades. La région qui laisse exsuder ce produit est limitée sur le tronc ou sur les grosses branches, et le liber est complètement liquéfié par un agent de décomposition qui paraît être une bactérie. Il se forme ainsi de vastes chancres, montrant le bois à nu. Le bois noircit. Les plaies se réparent et le mal se porte sur une autre partie de l'arbre. Les arbres ainsi attaqués donnent des fruits, restent assez vigoureux; mais, quand on les coupe, on trouve un bois dense très veiné de noir et pouvant avantageusement être employé pour la confection de menus objets sculptés.

» Après une étude sommaire, il m'a paru que la manne de l'Olivier provenait de l'inoculation par des insectes, cigales probablement, d'une bactérie capable de vivre dans le cambium, de provoquer la désorganisation du liber et l'abondant exsudat sucré qui n'est pas différent de la manne du frêne, laquelle doit avoir une origine analogue. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la pression osmotique du milieu sur la forme et la structure des végétaux.* Note de M. **J. Beauverie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Un certain nombre d'expériences conduites dans le but de constater l'influence de la concentration du milieu sur la forme et la structure des Champignons inférieurs, tels que des Mucorinées, ou de formes conidiennes de Champignons supérieurs, telles que des *Aspergillus*, *Sterigmatocystis*, *Penicillium*, *Clonostachys*, etc., toutes formes faciles à cultiver, nous ont permis de constater que l'accroissement de la puissance osmotique du milieu : 1° amène la réduction en hauteur de l'appareil aérien du champignon et la dilatation latérale des cellules constituant cette partie de la plante;

2° provoque, par contre, la prédominance de la partie submergée de l'appareil végétatif sur la partie aérienne.

» Dans un certain nombre de cas, une forte concentration du milieu détermine même l'immersion complète de la plante qui poursuit son développement dans ces conditions nouvelles. Mais il se manifeste alors une profonde altération de la forme des appareils reproducteurs, qui demeurent le plus souvent stériles. De plus, dans tous les cas, la concentration favorise d'une façon remarquable le cloisonnement et entraîne, dans certains milieux, un gigantisme très net résultant du passage dans l'intérieur de la cellule de substances capables d'assurer un excès de force osmotique vis-à-vis de la solution ambiante.

» La constatation de cette influence, très curieuse, de la concentration sur la forme et la structure des Champignons, nous a conduit à rechercher l'effet que ce facteur pourrait avoir sur le développement des végétaux supérieurs, et nous avons institué dans ce but une série d'expériences dont nous donnons aujourd'hui les premiers résultats.

» Ces expériences ont porté sur quelques espèces communes des genres *Phaseolus*, *Pisum*, *Lupinus*, *Zea* et *Triticum*.

» Nous observions comparativement et simultanément des cultures de même âge, faites, les unes dans de l'eau ordinaire, les autres dans la solution de Knop pure et la solution de Knop additionnée de doses régulièrement croissantes de chlorure de sodium, jusqu'à ce que cette solution contienne une dose maxima de 1,50 pour 100 de sel. Cette dernière opération était précisément faite dans l'intention d'accroître la force osmotique de la solution nutritive, car, pour nous, le chlorure de sodium n'intervient dans la végétation qu'en augmentant la puissance osmotique du milieu, et rien ne nous fait supposer qu'il possède une action toxique spécifique. Son influence nuisible à certaines doses doit être attribuée à sa force plasmolysante. Cette action est d'autant plus marquée que ce sel a une valeur nutritive nulle ou insignifiante, et c'est même là la raison qui a motivé notre choix de cette substance comme agent de concentration.

» Nos cultures étaient faites dans une étuve marquant 26°-27° et abritées sous de grandes cloches où l'air se maintenait fort humide, conditions particulièrement favorables, puisqu'une haute température et la transpiration gênée (agissant concurremment avec la forte concentration de la solution) créent un milieu dont l'effet vient accroître celui de la force osmotique du liquide ambiant.

» Dans l'eau ordinaire, la plupart de nos sujets ont manifesté un hydrotropisme qui fut très net pour les *Phaseolus*, *Pisum* et *Lupinus*, moins net pour le *Zea*, nul pour le *Triticum*. Les racines des Légumineuses se courbaient à 90° au contact du liquide, continuant à croître et à se ramifier dans un plan supérieur à l'eau ou à peine immergé. Lorsque plusieurs de ces plantes sont côte à côte, elles enchevêtrent leurs

racines qui se maintiennent toujours dans la situation indiquée, et la culture en prend un aspect très particulier.

» L'eau constitue donc pour ces racines un milieu assez défavorable pour que le géotropisme soit contrebalancé et que les racines fuient ce milieu. Cela résulte de la grande différence de pression osmotique existant entre l'eau et les liquides cellulaires.

» Lorsque la concentration augmente faiblement, par exemple, si l'on expérimente avec une solution de Knop additionnée de son volume d'eau, les racines s'enfoncent déjà sensiblement dans le liquide. Cependant l'hydrotropisme négatif se manifeste encore, imprimant au système radical de curieuses déformations : l'extrémité de la racine principale et toutes les racines latérales (le fait est particulièrement marqué chez le Haricot et le Pois) se dirigent vers le haut, tout en se recourbant en spirale ou en crosse. Ce fait est encore sensible avec la solution pure de Knop.

» Dans des solutions fortement concentrées obtenues en additionnant une même solution de Knop, de deux jours en deux jours, de 0,25 pour 100 de chlorure de sodium, jusqu'à ce que la liqueur titre 1,25 et 1,50 pour 100 de ce sel, nous constations la disparition de ces phénomènes et les racines s'enfonçaient directement et profondément dans le liquide en y donnant une ramification régulière.

» En somme, plus la concentration augmente, plus les racines des plantes mises en expériences (sauf le Blé cependant) s'enfoncent profondément dans la solution. La partie aérienne se modifie de son côté, mais en sens inverse. Elle se réduit beaucoup en hauteur, les axes hypocotylés se renflent considérablement et la plante reste courte et trapue. Il n'y a pas seulement retard dans la croissance, comme le fait a été maintes fois constaté, mais modification de la taille ainsi que de la forme.

» La végétation n'est point empêchée par le fait d'une forte concentration (en deçà d'une certaine limite), mais elle se fait d'une façon spéciale.

» Les modifications extérieures que nous venons de signaler s'accompagnent de variations dans la structure histologique et anatomique. Les cellules, en réagissant contre le milieu pour assurer l'excès osmotique nécessaire au maintien de leur intégrité, absorbent plus particulièrement certains éléments capables de retenir l'eau dans leur intérieur, d'où résulte une modification dans la nutrition de la plante entraînant des changements de forme et de structure ; puis, si la pression osmotique s'accroît encore, la plante cherche à se défendre et à se protéger ; d'où un agencement spécial des tissus.

» Nous signalerons seulement aujourd'hui les particularités observées chez les racines de *Phaseolus*. Dans la solution très concentrée dont nous avons parlé, ces racines ne possèdent plus de moelle ; la différenciation du tissu ligneux se fait jusqu'au centre. Il se produit en outre, de très bonne heure, un abondant suber péricyclique dont le rôle protecteur vis-à-vis du

cylindre central est évident. Dans une racine de même âge, obligée à pousser dans l'eau, on constate, au contraire, l'existence d'une moelle volumineuse, et il ne se développe point de suber hâtif. Nous reviendrons bientôt sur ce sujet, pour décrire des adaptations, également très nettes, observées chez d'autres plantes. »

GÉOLOGIE. — *Sur la presence du genre* Caprina *dans l'Urgonien.* Note de M. V. **Paquier**, présentée par M. de Lapparent.

« J'ai précédemment fait connaître ([1]) les principaux types urgoniens, précurseurs des Caprines, des Caprinules et des Caprotines. En continuant mes recherches sur cette faune, il m'a été possible d'établir d'une façon indubitable la présence du genre *Caprina* dans l'Urgonien supérieur (Aptien inférieur) du Rimet (Isère), localité dans laquelle s'observe de bas en haut la succession suivante :

» Calcaires urgoniens supérieurs à *Toucasia carinata;* l'un des derniers bancs, très fossilifère, renferme de nombreuses *Caprina,* associées aux formes voisines, dépourvues de canaux dans la région antérieure de la valve supérieure et fréquentes à ce niveau à Châteauneuf-du-Rhône. Vient ensuite l'assise jaunâtre grumeleuse à *Matheronia Virginiæ,* assez mince et qui passe aux marnes à Orbitolines (zone supérieure) à faune de Céphalopodes intermédiaire entre les deux zones de l'Aptien, (*Acanthoceras Stobiescki, Macroscaphites striatisulcatus*). L'âge aptien de la couche sous-jacente, à *Caprina,* n'est donc pas douteux.

» Ces Caprines sont des formes de petite taille; leur valve supérieure se montre uniformément pourvue de canaux séparés par des lames radiantes, généralement simples; néanmoins, de loin en loin, il s'observe, sur certains individus, des cas de bifurcation fréquents.

» Des canaux plus larges et de section polygonale se montrent dans le voisinage de l'impression musculaire antérieure. La fosse cardinale et la cavité qui l'accompagne à l'avant ne sont pas séparées par une cloison, comme chez *Caprina adversa;* c'est là un caractère primitif qui se retrouve chez *C. Choffati* Douvillé, de l'Albien, avec la rareté relative des lames bifurquées, tandis que, chez *C. adversa*, cette subdivision des lames radiantes est la règle. La valve inférieure ne présente de canaux que dans le voisinage de la lame myophore postérieure, où ils sont circulaires et de

([1]) *Comptes rendus,* 26 mai et 15 juin 1896.

petite taille; l'aspect général est tout à fait celui d'une valve homologue de Caprine.

» Ainsi le genre *Caprina*, qui jusqu'ici n'était pas signalé avant l'Albien supérieur, *existait déjà à la fin de l'Aptien inférieur*.

» En 1896, j'avais signalé (*loc. cit.*) dans l'Urgonien la présence de Caprotinés primitifs ayant de manifestes analogies avec les *Sellœa* de Sicile et en représentant vraisemblablement un type archaïque.

» Pictet en avait fait connaître une espèce, sous le nom de *Sphœrulites paradoxa* (1), qui est devenue pour moi le type du nouveau genre *Pachytraga* (2).

» A l'aide de matériaux plus nombreux et mieux conservés, je puis maintenant confirmer mon hypothèse et formuler quelques données sur l'évolution des Caprotinés.

» La principale différence entre la valve inférieure des *Sellœa* et des *Pachytraga* résulte dans la présence, chez les premières, de canaux accompagnant à l'extérieur l'impression myophore antérieure.

» Or, parmi les deux espèces de *Pachytraga* urgoniennes on remarque sur certains individus seulement, et *à titre de variation individuelle* sans retentissement sur les autres caractères, un groupe de canaux correspondant tout à fait, comme forme et comme situation, à ceux des *Sellœa*, sauf de moindres proportions.

» La valve supérieure de *Pachytraga* et celle de *Sellœa* diffèrent surtout par l'absence, chez la première, de la cavité accessoire accompagnant la crête myophore postérieure, caractère archaïque assez remarquable; mais, comme ménageant la transition entre ces deux types, on observe le rudiment très reconnaissable de cette même cavité chez quelques *Pachytraga* âgées.

» La filiation des *Sellœa* paraît donc assez clairement établie.

» Bien que déjà fréquentes dans le Barrémien supérieur, les *Pachytraga* persistent jusque dans le Cénomanien en n'éprouvant que de très légères modifications, ainsi qu'en font foi des échantillons de l'ouest de la France qui m'ont été fort obligeamment communiqués par M. Douvillé. Dès lors, la forme souche des Caprotines paraît avoir été le genre *Pachytraga*, donnant ensuite naissance, durant l'Aptien, à l'important rameau des *Sellœa* qui ont pullulé dans le Cénomanien de Sicile. Le genre *Ethra*, dont la

---

(1) *Mat. pour la Paléontologie suisse*, 5e Partie, pl. CL.

(2) *Rech. géol. dans le Diois et les Baronnies orientales*, p. 199.

valve supérieure rappelle tout à fait celle des *Pachytraga*, avait dû se détacher plus tôt, mais sa fortune a été à tous les points de vue plus modeste, puisqu'il n'a donné que quelques formes de petite taille localisées dans certains gisements du sud-est de la France. Avec le Cénomanien, les Caprotines proprement dites prennent une extension considérable, et à côté d'elles se retrouve, presque sans avoir évolué, le genre *Pachytraga*, qui offre ainsi un exemple du fait, déjà connu d'ailleurs, de la persistance des formes primitives au milieu de types plus récents. »

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur les chaleurs spécifiques de la soie, de la laine et du coton*. Note de M. **Testenoire.**

« Le *Compte rendu* de la séance du 12 février 1900 contient une Communication de M. *G. Fleury*, sur les chaleurs spécifiques des principales matières employées pour les vêtements de l'homme : cellulose, laine, cuir. Or, dès le commencement de l'année 1899, le laboratoire d'études de la soie, de la Condition des soies de Lyon, publiait, dans le *Compte rendu* de ses travaux pendant les années 1897 et 1898, une étude faite en avril 1898 sur la même question : « Chaleurs spécifiques de la soie, de la laine et du coton ». Les résultats publiés par M. Fleury, qui ont d'ailleurs été obtenus d'après les mêmes méthodes expérimentales, sont identiques à ceux qui avaient été indiqués, un an auparavant, dans la publication du Laboratoire d'études de la soie de Lyon. »

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 janvier 1901.

(*Suite*.)

Royal meteorological Institute of the Netherlands. Comparison of the instruments for absolute magnetic measurements at different observatories, by Dr Van Rijckevorsel. Amsterdam, H.-G. Bom, 1900; 1 fasc. in-4°.

1901, *Atmospheric tendencies mean velocity and probable weather*, by D. Dewar. Glascow; 1 fasc. in-12.

Le Maïs et où il se cultive. Chicago, Ill., 1900; 1 fasc. in-12. (Expédié par le département de trafic de la Chicago and North-Western Railway.)

R. Universita Romana. Scuola d'applicazione per gl' ingeneri. Annuario per l'anno scolastico 1900-1901. Rome, 1900; 1 fasc. in-18.

Fifty-fifth annual Report of the director of the Astronomical Observatory of Harvard College, for the year ending september 30, 1900, by EDWARD-C. PICKERING. Cambridge, Mass., 1900; 1 fasc. in-8°.

Annual Report of the assistant in charge of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College, to the President and Fellows of Harvard College, for 1899-1900. Cambridge, U. S. A., 1901; 1 fasc. in-8°.

Report of the Secretary of Agriculture, 1900. Washington, 1900; 1 fasc. in-8°.

Resultados del Observatorio nacional Argentino Zonas de exploracion, brillantez y posicion de todas las estrellas fijas hasta la decima magnitud comprendidas en la faja del cielo entre 42 *y* 52 *grados de declinacion sud.* JUAN-M. THOME, Director; vol. XVIII. *Catalogo de las Zonas de exploracion,* Entrega III, 43° *a* 52°. Buenos-Ayres, 1900; 1 vol. in-4°. (*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 7 janvier 1901.)

Note de MM. *Matignon* et *Delépine,* Composition de l'hydrure et de l'azoture de thorium :

Page 37, ligne 33, *au lieu de* Pour 100, *lisez* Eau pour 100.

(Séance du 21 janvier 1901.)

Note de M. *Hanriot,* Sur le mécanisme des actions diastasiques :

Page 147, ligne 7 en remontant, *au lieu de* acide nitrique maintenu à 17°, *lisez* acide acétique maintenu à 37°.